ELEKTRIE 1|89

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN · Postverlagsort für DDR Leipzig · EVP 2,50 Mark · ISSN 0013—5399

0120224

Licht nach Maß

NARVA

1|89 ELEKTRIE

43. Jahrgang

Wissenschaftlich-technische Zeitschrift der Elektrotechnik

ISSN 0013–5399

Organ des Fachverbands Elektrotechnik der Kammer der Technik

Die Zeitschrift erhielt die Goldene Ehrenplakette der KDT

Redaktionsbeirat

Vorsitzender:

Prof. Dr. sc. techn. J. Vogel

Mitglieder:

Prof. Dr. sc. techn. S. Altmann · Prof. Dr. sc. techn. H. Böhme · Prof. Dr. sc. techn. Dr. h. c. P.-K. Budig · Dr. sc. techn. G. Burkhard · Dr.-Ing. D. Flügge · Obering. K. Friedel · Prof. Dr. sc. techn. J. Hoffmann · Dipl.-Ing. H. Kabisch · Prof. Dr.-Ing. habil. R. Lappe · Dr. rer. nat. K. Möbius · Prof. Dr. sc. techn. E. Muschick · Prof. Dr. sc. techn. V. Pfeiler · Prof. Dr.-Ing. e. h. K. Pommer · Prof. Dr.-Ing. habil. R. Schönfeld · Obering. Dipl.-Ing. N. Wass · Prof. Dr.-Ing. habil. G. Wunsch

Korrespondenten:

Dr.-Ing. Hannella, Ilmenau · Dr.-Ing. W. Jordan, Dresden

Titelbild

Die komplette oder partielle Ausleuchtung von Industrie- und Gesellschaftsbauten stellt hohe Anforderungen an die Lichttechnik. Auf diesem Gebiet verfügt das Kombinat NARVA über zahlreiche Kenntnisse und internationale Erfahrungen. Erfahrene Techniker von NARVA haben z.B. im neuen Zeiss-Großplanetarium im Berliner Ernst-Thälmann-Park für eine zugleich attraktive und energiewirtschaftliche Beleuchtung gesorgt (1. US). Der Licht-Blickfang im Foyer besteht aus einem linienförmigen Lichtsystem von 18- und 36-W-Leuchtstofflampen aus dem NARVA-Kombinatsbetrieb Lengefeld.

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

Träger des Ordens Banner der Arbeit

Inhalt

Seite

Aktuelle Information 2

Wulf, U.
Verantwortung des Kombinats VEB NARVA „Rosa Luxemburg" bei der Realisierung des Staatsauftrages zur Einsparung von Elektroenergie für Beleuchtungszwecke 3

Fachaufsätze

Müller, St.; Wolff, J.
Einführung kompakter Leuchtstofflampen 5

Gündel, H.; Sonnenburg, R.
Frequenzverhalten von Leuchtstofflampen 8

Claus, H.
Betrieb von Leuchtstofflampen bei höheren Frequenzen 11

Zausch, E.; Eßbach, D.
Vorstellung einer neuen Generation Kombinatsleuchten 12

Walther, U.
Anwendung mathematischer Methoden in Forschung und Technologie der Leuchtstofflampenherstellung 13

Kronfoth, R.
Ultraviolett-Strahler UVS 25-5 und UVS 60-5 14

JAHRESINHALTSVERZEICHNIS 1988 (42. Jahrgang) 17

Ebert, G.
Meßverfahren zur Beurteilung des Verschleißzustandes von Leuchtstofflampenelektroden 25

Schwalowsky, G.
Umweltbeeinflussung durch komplexes technologisches Denken 26

Umschau

CIGRE — 32. Session (Fortsetzung) 27

Kurzberichte 34

Bücher 37

AKTUELLE INFORMATION

Industrielle Automatisierung — Automatisierte Antriebe

10. Internationale Fachtagung

Zeit: 14. bis 16. Februar 1989
Ort: Karl-Marx-Stadt
Veranstalter: Technische Universität Karl-Marx-Stadt Sektion Automatisierungstechnik

Inhaltliche Schwerpunkte

- Automatisierte Antriebe
  - — Rechnergestützter Entwurf und Simulation von Elementen und Systemen automatisierter Antriebe
  - — Hochtourige Antriebe kleiner und großer Leistung
  - — Dynamisch hochwertige Antriebe
  - — Mehrmotorenantriebe
  - — Regelung von Antrieben
- Leistungselektronik
  - — Moderne Bauelemente der Leistungselektronik
  - — Rechnergestützter Entwurf leistungselektronischer Schaltungen
  - — Meßverfahren der Leistungselektronik
  - — Schaltungstechnik mit modernen schaltbaren Halbleiterbauelementen
- Zuverlässigkeit von Elementen und Systemen automatisierter Antriebe
  - — Rechnergestützte Schutz-, Diagnose- und Prüftechnik
  - — Zuverlässigkeit einzelner Baugruppen und kompletter elektrischer Antriebe

Anfragen

Technische Universität Karl-Marx-Stadt
Sektion Automatisierungstechnik
Dr. rer. nat. *W. Gläser*
PSF 964
Karl-Marx-Stadt
9010
Tel.: 561 3341
W. Gläser, Karl-Marx-Stadt 2979

Mikroelektronik

X. Fachtagung

Zeit: 18. April 1989
Ort: Dresden
Plenarsaal des neuen Rathauses
Veranstalter: VEB Elektronikprojekt Dresden

Inhaltliche Schwerpunkte

- — Speicherprogrammierbare Steuerungen — Rückblick, Stand und Trends
- — Anwendungsspezifische Schaltkreise — eine Hauptlinie der Höchstintegration
- — Stand und Perspektive des Einsatzes der Mikroelektronik in der Biomedizinischen Technik
- — Einsatzbeispiele kundenspezifischer Schaltkreise
- — Erwartungen an die mikroelektronischen Steuerungen im Werkzeugmaschinenbau
- — Lokale Rechnernetze im Industrieeinsatz
- — Logistik als überprüfendes Konzept für volkswirtschaftliche Reproduktionsprozesse
- — Farbgrafiksystem für CAD-Anwendungen
- — Stand und Trends frequenzgesteuerter Elektroantriebe aus der Sicht der Mikroelektronik

Anfragen

VEB Elektronikprojekt Dresden
Koll. *Böhme*, Tel.: 4 86 90
Leningrader Straße 30, PSF 129/130
Dresden, 8012
E. Habiger, Dresden EA 2951

Elektronik in der Elektrotechnik der chemischen Industrie

8. Gemeinsame Fachtagung

Zeit: 19. April 1989
Ort: Halle
Klub der Anlagenbauer, Thälmannplatz 2
Veranstalter: Fachausschuß Elektrotechnik im Fachverband Chemische Technik und die KDT-Betriebssektion Standort Halle des VEB Starkstrom-Anlagenbau Leipzig-Halle

Inhaltliche Schwerpunkte

- — Einsatzprobleme elektronischer Antriebssteuerungen
- — Schutz und Diagnosetechnik für elektrische Antriebe unter Einsatz der Mikroelektronik
- — Rechnereinsatz bei der Instandhaltung von elektrotechnischen Anlagen
- — Hilfsenergieversorgung für elektronische Anlagen
- — Unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlage des KEAB
- — Entwicklung eines elektronischen Störschreibers

Anfragen

FA Elektrotechnik im FV Chemische Technik der KDT
Chemieanlagenbaukombinat Leipzig-Grimma
Stammbetrieb/Betrieb Anlagenbau
Georgiring 1—3, Leipzig, 7010
Tel. Leipzig 798 2276
Berger, Leipzig EA 2942

Die Redaktion wünscht

für 1989

allen Lesern, Mitarbeitern,
Autoren, Beiratsmitgliedern
und Korrespondenten

alles Gute,

persönliches Wohlergehen,
Erfolg in der Arbeit
und weiterhin
eine gute
Zusammenarbeit.

Verantwortung des Kombinats VEB NARVA „Rosa Luxemburg" bei der Realisierung des Staatsauftrages zur Einsparung von Elektroenergie für Beleuchtungszwecke

Von

Dr.-Ing. Uwe Wulf

Generaldirektor des Kombinates VEB NARVA „Rosa Luxemburg"

Aufgrund der beträchtlichen volkswirtschaftlichen Aufwendungen für die Gewinnung der einheimischen Energieträger sowie für ihren Import ist die rationelle Energieumwandlung und -anwendung die Hauptquelle für die Deckung des wachsenden Energiebedarfs der DDR. Hieraus ergibt sich die vom XI. Parteitag der SED gestellte Aufgabe, 1990 gegenüber 1985 ein Einsparungspotential von 80 Mill. t Rohbraunkohleäquivalent zu erschließen. An der erforderlichen durchgreifenden Verbesserung des Wirkungsgrades der Energieumwandlung und -anwendung ist das lichttechnische Kombinat VEB NARVA „Rosa Luxemburg" maßgeblich beteiligt. Zugleich leistet es einen beachtlichen Beitrag zur Stärkung der Exportkraft der DDR. Nicht zuletzt ringen die Werktätigen des Kombinates um eine weitere Erhöhung der Produktion mit bester Qualität für die Versorgung der Bevölkerung. In den nachfolgenden Ausführungen sollen die mit der Energieproblematik im Zusammenhang stehenden Fragen im Vordergrund stehen.

Zur Untersetzung der o.g. volkswirtschaftlichen Aufgabenstellung wurde zu Beginn des laufenden Fünfjahrplanes dem Kombinat ein Staatsauftrag „Entwicklung und rationelle Fertigung neuer energiesparender Lichtquellen" erteilt. Er enthält die Aufgabe, durch Wirkungsgraderhöhung und Maßnahmen der Standardisierung 1990 gegenüber 1985 eine Einsparung an Elektroenergie für Beleuchtungszwecke in Höhe von 2300 GWh zu erzielen. Das ist eine fast 20%ige Senkung der für die Lichterzeugung aufzuwendenden Elektroenergie des Jahres 1990 im Vergleich zu 1985 und entspricht einer Einsparung von etwa 4 Mill. t Rohbraunkohleäquivalent (= 5% der 80 Mill. t Gesamteinsparung laut Parteitagsdirektive) oder dem Jahreselektroenergieverbrauch der 1,2 Mill. Haushalte der Hauptstadt Berlin sowie der Bezirke Frankfurt (Oder) und Potsdam. Sie entspricht auch dem Verzicht auf die Leistung eines 400-MW-Kraftwerkblocks, der im Rahmen eines Großkraftwerkes Investitionsaufwendungen erfordert, die dem Neubau einer mittleren Stadt mit mehr als 10000 Wohnungen gleichkommen.

Welche Wege zur Realisierung des Staatsauftrages werden beschritten?

Die Strategie des Kombinats NARVA sieht unverändert die Steigerung der Lichtausbeute der Lichtquellen und des Wirkungsgrades der Leuchten sowie die stetige Veränderung der Struktur eingesetzter Lichtquellen zugunsten energieökonomisch vorteilhafter vor. Dazu wurden und werden eine Reihe von Lichtquellen und Leuchten entwickelt, mit denen dieser Wechsel ermöglicht wird. So ist vorgesehen, den Einsatz von Natriumdampf-Hochdrucklampen (NA-Lampen) in der Außen- und Innenbeleuchtung zu beschleunigen und die Quecksilberdampf-Hochdrucklampen (NF-Lampen) abzulösen. Bei annähernd gleichem Lichtstrom substituiert eine NA-Lampe 50, 70, 150 und 250 W, eine NF-Lampe der jeweils nächsthöheren Leistungsstufe 80, 125, 250 und 400 W.

Stabförmige Leuchtstofflampen sollen in noch breiterem Umfang in der Innenbeleuchtung eingesetzt werden und dabei weitere, bisher den Allgebrauchslampen vorbehaltene, Aufgaben übernehmen. Eine Leuchtstofflampe 18 W löst z.B. dabei eine 75-W-Glühlampe ab. Darüber hinaus ersetzen weiterentwickelte Leuchtstofflampen mit höherer Lichtausbeute bisher verwendete Lampen, wodurch ein nicht unbedeutender Beitrag zur Einlösung des Staatsauftrages geleistet wird.

Eine Vielzahl von Aufgaben werden derzeitig bearbeitet, um kompakte Leuchtstofflampen in Form von Doppelrohrlampen 7, 9 und 11 W und Vierrohrlampen 15 und 20 W zu entwickeln. Die Aufgabe besteht jetzt darin, diese Lampen in großer Anzahl bereitzustellen. Damit soll nicht nur der Zunahme von Glühlampen-Lichtquellen im Wohnungsbau und in neu eingerichteten Versorgungseinrichtungen (Geschäfte, Gaststätten usw.) entgegengewirkt, sondern auch die Ablösungen für die vielen Allgebrauchslampen vorbereitet werden, die in den Haushalten leuchten. Ein großes Energiesparpotential stellen weiterhin die Allgebrauchslampen im gesellschaftlichen Bereich dar (z.B. Hotels, Ferienheime).

Man kann davon ausgehen, daß in der DDR für die Allgemeinbeleuchtung etwa 300 Mill. Lichtquellen im Einsatz sind. Etwa 78% dieser Lichtquellen sind noch mit Glühlampen bestückt und lediglich 22% mit energiewirtschaftlichen Entladungslampen, also Leuchtstofflampen und Hochdrucklampen. Hieraus leiten sich die Aufgaben für die Umrüstung der Lichtquellen zur Einsparung der hochwertigen Elektroenergie ab. Das betrifft einmal 4 Mill. Hochdrucklampen, davon 1,3 Mill. in der Straßenbeleuchtung. Hier sind derzeitig 40% bereits auf NA-Lampen umgerüstet worden. Die vollständige Ablösung der NF- durch NA-Lampen soll 1990 abgeschlossen werden. Voraussetzung hierfür sind eine deutliche Steigerung der Produktion geeigneter Lampen und Außenleuchten sowie eine Erhöhung der Umrüstungskapazitäten für die Straßenleuchten. Dabei müssen etwa 1/3 der umzurüstenden Leuchten aufgrund ihrer Konstruktion bzw. ihres Verschleißgrades ersetzt werden. Darüber hinaus ist der Einsatzbereich der NA-Lampen zu erweitern.

Die Verwendung energieökonomischer NA-Lampen in der Innenbeleuchtung setzt allgemein eine verbesserte Farbwiedergabe voraus. Die neuentwickelten NA-Lampen NA 250-66 erfüllen diese anspruchsvollen Anforderungen, wie ihr Einsatz im Hauptbahnhof Berlin zeigt.

Das betrifft zum anderen generell die Vielzahl von Lichtquellen in Innenräumen, wofür jetzt verschiedene alternative Beleuchtungslösungen vorbereitet und erprobt werden. Um im Wohnungsbau mit dem Einsatz energiesparender Lichtquellen weiter voranzukommen, wird noch im Jahr 1989 in Abstimmung mit dem Ministerium für Bauwesen ein Objekt in Berlin-Hellersdorf für eine Musterausleuchtung vorbereitet. Für diesen Komplex ist der Einsatz von stabförmigen Leuchtstofflampen sowie Kompaktlampen mit Leuchten der NARVA-Kombinatsbetriebe Leuchtenbau Lengefeld, Leuchtenbau Leipzig, Leuchtenbau Berlin und auch von Betrieben der Bezirksgeleiteten Industrie vorgesehen. Die Auswertungsergebnisse sollen dann die Grundlage für eine breite Einführung energiesparender Lichtquellen im Wohnungsneubau bilden. Die moderne Ausleuchtung des Jugendclubs des VEB NARVA „Rosa Luxemburg" Berliner Glühlampenwerk soll für 15 weitere Jugendclubs beispielgebend werden. Die geplante Ausleuchtung basiert ausschließlich auf den Einsatz energiesparender Lichtquellen für alle Räume des Objekts. Für den im Klub befindlichen Mehrzweckraum sieht die lichttechnische Gestaltung erstmalig eine Kombination des Lichtrohrsystems des Leuchtenbaus Lengefeld mit dem Lichtrohrsystem des Leuchtenbaus Arnsdorf vor, dargestellt in verschiedenen Ebenen.

Im Kombinat NARVA müssen das Jahr 1989 und die 90er Jahre unter dem Gesichtspunkt der erforderlichen rationellen Energieanwendung durch einen hohen Erneuerungsgrad in einer Größenordnung von mindestens 30% geprägt sein.

Die Entwicklungsrichtungen in der Lichttechnik sind folgende:

— Einführung einer großen Vielfalt von neuen Hoch- und Niederdruckentladungslampen mit niedrigem elektrischem Leistungsbedarf.

— Einführung einer Vielzahl glühlampenersetzender Kompaktlampen mit integrierten Baugruppen der Mikroelektronik, die die hohe Lichtausbeute und lange Lebensdauer der Leuchtstofflampe mit dem Vorteil einer Glühlampe verbinden, nämlich kompakte Form, einfache Handhabung, angenehme Lichtfarbe.

— Breite Anwendung elektronischer Vorschaltgeräte im Zusammenhang mit dem zunehmenden Eindringen der Elektronik in die Lichttechnik.

— Integrale Optimierung der Leuchtstofflampe in Verbindung mit elektronischen Vorschaltgeräten.

— Optimale Verbindung der Lichtquelle und attraktiven Leuchten.

Welche Wege werden zur Realisierung dieser Richtungen beschritten?

Um den anspruchsvollen Aufgaben zu entsprechen, wurden ab 1. Januar 1988 die Forschungs- und Entwicklungskräfte in einem Zentrum für Forschung und Technologie (ZFT) neu formiert. Dabei geht es nicht um eine neue Struktur, sondern um eine neue Qualität der wissenschaftlich-technischen Arbeit, um ein rationelles Formieren und um einen konzentrierten Einsatz dieser Kräfte. Im Zentrum für Forschung und Technologie erfolgt die zweigspezifische Vorlaufforschung. Sie hat unter Einschluß von Einrichtungen der Akademie der Wissenschaften der DDR sowie des Hoch- und Fachschulwesens jenen wissenschaftlichen Vorlauf zu schaffen, der für revolutionierende Veränderungen in der Erzeugnis-, Verfahrens- und Technologieentwicklung erforderlich ist.

Unter Beachtung der Tatsache, daß die Physik von heute die Technik von morgen ist, andererseits die Technik von heute auch erst die Physik von morgen ermöglicht, werden neue Maßstäbe für die Forschungskooperation zwischen dem Kombinat und den Einrichtungen der Akademie der Wissenschaften der DDR, den Universitäten und den Hochschulen gesetzt, indem zum Beispiel

— der Koordinierungsvertrag über die wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit zwischen der Akademie der Wissenschaften der DDR und dem Ministerium für Elektrotechnik und Elektronik im Zeitraum von 1985 bis 1990 durch einen eigenen Koordinierungsvertrag mit dem Forschungsbereich Physik der Akademie der Wissenschaften untersetzt und verwirklicht wird

— die traditionell erfolgreiche Zusammenarbeit mit dem Zentralinstitut für Elektronenphysik der Akademie der Wissenschaften der DDR auf der Basis einer Kooperationsgemeinschaft weiter vertieft wird

— die Vertragsforschung mit den Einrichtungen der Universitäten und Hochschulen, z. B. mit der Humboldt-Universität zu Berlin, der Ernst-Moritz-Arndt-Universität in Greifswald erweitert wird; (auch mit diesen Universitäten bestehen Koordinierungsverträge)

— die bestehenden und abzuschließenden Forschungsverträge durch das Zentrum für Forschung und Technologie des Kombinats durch Begleitthemen auf hohem Niveau koordiniert und die Überleitung der Ergebnisse qualifiziert vorbereitet werden.

Durch das planmäßige Miteinander von Kombinat und wissenschaftlichen Einrichtungen der AdW der DDR, Universitäten und Hochschulen wird bei der Entwicklung und Anwendung von Schlüsseltechnologien Tempo und Effektivitätszuwachs gewonnen.

Im Zentrum für Forschung und Technologie ist das Fachgebiet Entwicklung eingeordnet. Es enthält die Bereiche Hochdruckentladungslampen, kompakte Niederdruckentladungslampen sowie Temperaturstrahler und Werkstoffe. Die hier zu realisierenden Aufgaben werden komplex in Angriff genommen und vereinen Erzeugnisentwicklung und Verfahrensentwicklung mit den notwendigen Impulsen in Richtung Arbeitsmittelentwicklung.

Das dritte Fachgebiet im Zentrum für Forschung und Technologie ist der Maschinenbau, um die Einführung neuer Erzeugnisse auf Massenbasis effektiv verwirklichen zu können.

Der eigene Maschinen- bzw. Rationalisierungsmittelbau müssen zur ersten und entscheidenden Deckungsquelle für den Ausrüstungsbedarf bei Investitionen werden. Er ist das entscheidende Kettenglied für die Materialisierung vieler wissenschaftlich-technischer Leistungen und sichert wichtige Voraussetzungen für eine auf die Einheit von Erzeugnis- und Verfahrensentwicklung abgestimmten Grundfondsreproduktion.

Welchen Erfordernissen unterliegt nun die Kette Forschung — Erzeugnis- und Verfahrensentwicklung — Rationalisierungsmittelbau in der lichttechnischen Industrie?

Bei Erzeugnissen der Lichtquellenindustrie werden in kurzen Taktzeiten bis zu 6000 Stück je Stunde hergestellt. Die dabei eingesetzten Technologien sind zum Teil sehr anspruchsvoll. Sowohl die Umsetzung dieser anspruchsvollen Technologien als auch die Realisierung flexibler Automatisierungslösungen verlangen die Beachtung neuer qualitativer Aspekte im Maschinenbau für die Lichtquellenfertigung.

Der Sondermaschinenbau ist demnach nicht nur ein Mittel zur Rationalisierung, sondern Voraussetzung jeder wissenschaftlich-technischen Neuerung in der Lichtquellenindustrie. Die Lichtquellenindustrie ist daher im Grunde nicht nur ein Teil der Elektrotechnik, sondern enthält auch einen Maschinenbau als immanenten Bestandteil. Damit ergibt sich auch ein hoher Korrelationsgrad zwischen Erneuerungsrate und Maschinenbaukapazität, die deutlich über dem Durchschnitt der Volkswirtschaft liegt.

Weiterhin wird in enger Kooperation mit dem Zentrum für Forschung und Technologie künftig in einem Direktorat für Lichtprojektierung die lichttechnische Gestaltung mit den Arbeitsgebieten Leuchtenentwicklung, lichttechnische Projektierung, Objektausleuchtung, Designarbeit und Meßtechnik schwerpunktmäßig bearbeitet werden. Dieses Gebiet erlangt zunehmende Bedeutung.

Mit der Bildung des ZFT und der Vorbereitung auf das Direktorat für Lichtprojektierung wurden eine Reihe von Bedingungen geschaffen, die ökonomische Wirksamkeit von Wissenschaft und Technik zu verbessern.

Die Zusammenfassung aller wesentlichen am Erneuerungsprozeß beteiligten Einheiten bildet auch die Grundlage für eine weitere Intensivierung der F/E-Prozesse selbst. Insbesondere mit der Zuführung der Kapazitäten für Konstruktion, Bau und Erprobung von technologischen Spezialausrüstungen ist die Leitung des ZFT besser als bisher in der Lage, die durchgängige Bilanziertheit der F/E-Arbeiten zu organisieren und Verluste durch Themenänderungen bzw. -abbrüchen zu vermeiden. Um die Effekte der F/E-Tätigkeit über die Produktion bis zum Absatz ökonomisch wirksam werden zu lassen, wird der Erneuerungspaß in allen seinen Bestandteilen noch konsequenter als Instrument der komplexen Planung und Leitung genutzt.

Als eine weitere Quelle für einen Effektivitätsgewinn in den F/E-Prozessen wurde zunehmend die projektbezogene Leitungstätigkeit entwickelt. Über Strukturgrenzen hinweg kann die Projektleitung schnell alle notwendigen Leistungsprozesse und den optimalen Einsatz vorhanner Kader organisieren, um in kurzer Zeit hohe Entwicklungsergebnisse zu erreichen und wirksam zu machen. Solche Leitungsformen erfordern hohe Flexibilität und kooperatives Handeln aller beteiligten Leiter.

Neben dem Effektivitätsgewinn aus Leitungsprozessen werden konsequent Maßnahmen zur direkten Rationalisierung der Leistungsprozesse durchgeführt. Das gilt insbesondere für den weiteren Einsatz von Rechentechnik, z. B. als CAD-Arbeitsplätze in der Konstruktion oder als rechnergestützte Meßplätze in den Labors. Im Kombinat NARVA sind gegenwärtig insgesamt 252 CAD/CAM-Arbeitsstationen im Einsatz. Das gilt auch für die Vorbereitung des Einsatzes moderner CNC-Technik in den Maschinenbaubereichen, um zu einer möglichst hohen Arbeitsproduktivität zu kommen.

Es geht jetzt insgesamt darum, die ökonomische Strategie im Kombinat konsequent zu verwirklichen, das beachtliche geistige und materielle Potential des Kombinats für Spitzenleistungen zu nutzen und dadurch hohe ökonomische und soziale Ergebnisse im Kombinat und darüber hinaus in der Volkswirtschaft zu erzielen.

EA 2930

Einführung kompakter Leuchtstofflampen

St. Müller; J. Wolff; Berlin

Nachdem vor rund 50 Jahren mit der Einführung von Leuchtstofflampen und Hochdrucklampen die damalige Dominanz der Glühlampe in der elektrischen Beleuchtung gebrochen wurde, haben sich in Anpassung an die Hauptanwendungsgebiete auch in der DDR entsprechende Einsatzrelationen für Glühlampen, Leuchtstofflampen und Hochdrucklampen entwickelt, die die technisch-ökonomischen Anwendungseigenschaften dieser 3 Lichtquellengruppen widerspiegeln. Zu den erreichten quantitativen Einsatzanteilen der Entladungslampen hat ihre starke qualitative Weiterentwicklung in den vergangenen Jahrzehnten wesentlich beigetragen, insbesondere die Entwicklung ihrer Lichtausbeute als Ausdruck ihrer energie-ökonomischen Vorzüge gegenüber Glühlampen. Gleichzeitig haben sich die quantitativen Wachstumsbedingungen inzwischen völlig auf Leuchtstofflampen und Hochdrucklampen verlagert, während der Glühlampenbedarf für die Allgemeinbeleuchtung keine Steigerung mehr aufweist. Dabei hat die konsequente und wirksame Lichtausbeute-Steigerung der Entladungslampen und die Stagnation des Glühlampenbedarfs dazu geführt, daß der Anteil des Elektroenergieverbrauchs der Glühlampen am Elektroenergieverbrauch für Beleuchtung in den letzten Jahren sogar noch leicht gestiegen ist (Tafel 1).

Die Entwicklung der Einsatzanteile in der DDR zeigt nicht nur die im Weltmaßstab vergleichsweise hohe Lichterzeugung von über 90% durch energieökonomische Entladungslampen, sondern führt gleichzeitig zu der Feststellung, daß die gegenwärtig erreichten Steigerungen der Lichtausbeutewerte der Entladungslampen wegen der Konstanz des Glühlampeneinsatzes für die Steigerung der Gesamtlichtausbeute nur teilweise wirksam werden (Tafel 2).

Daraus ergibt sich die dringende Aufgabe, den Glühlampeneinsatz schrittweise zu reduzieren und den Lichtbedarf im derzeitigen Glühlampenanwendungsbereich schrittweise durch Entladungslampen zu decken, insbesondere durch kompakte Leuchtstofflampen.

1. Entwicklung und Anwendungseigenschaften kompakter Leuchtstofflampen

Eine Grundvoraussetzung zur Schaffung kompakter Leuchtstofflampen war die Einführung schmalbandig emittierender, mit seltenen Erden aktivierter Leuchtstoffe. Die Vorteile und Möglichkeiten solcher Leuchtstoffsysteme, mit denen durch entsprechende Mischungen der Leuchtstoffkomponenten in Verbindung mit der sichtbaren Strahlung der Quecksilber-Niederdruckentladung die gewünschten lichttechnischen Parameter eingestellt werden können, sind:

Vorteile

— Erzielung hoher Lichtausbeuten
— Erzielung guter und sehr guter Farbwiedergabewerte
— hohe Langzeitstabilität gegenüber thermischer und UV-Strahlungsbelastung

aber auch

Nachteile

— hoher Preis
— konstante Durchmischung im technologischen Prozeß von mehreren Einzelkomponenten mit unterschiedlicher Korngröße und Dichte.

Welche Arten von kompakten Leuchtstofflampen sind international bereits eingeführt?

Hinsichtlich ihrer Konstruktion werden zwei große Gruppen unterschieden:

[1]) *Stephan Müller* ist Direktor des Fachgebietes Entwicklung, Dr. rer. nat. *Joachim Wolff* ist Leiter Prognose und Forschungskoordinierung im Zentrum für Forschung und Technologie des Kombinates VEB NARVA „Rosa Luxemburg" Berlin.

Tafel 1. Entwicklung der Lichterzeugungs- und Energieverbrauchsanteile der Lichtquellen-Gruppen in der DDR

	1980		1985	
	Licht %	Energie %	Licht %	Energie %
Glühlampen	9	29	9	32
Leuchtstofflampen	62	46	65	51
Hochdrucklampen	29	25	26	17

Tafel 2. Entwicklung der Lichtausbeute der für Allgemeinbeleuchtung eingesetzten Lichtquellen in der DDR

	Lichtausbeute (lm/W)	
	1980	1985
Glühlampen	10,8	10,8
Leuchtstofflampen	50,0	52,0
Hochdrucklampen	42,6	63,6
Lichtquellen gesamt	36,6	42,0

— Lampen mit separaten Strombegrenzungsbauelement, mit 2- bzw. 4poligem Stecksockel, mit und ohne integriertem Zündbauelement
— Lampen mit eingebauten Zünd- und Strombegrenzungsbauelementen und Sockel E 27, das Strombegrenzungsbauelement sowohl induktiv als auch elektronisch.

Die Bilder 1 und 2 geben eine Übersicht über das vorhandene Sortiment, wobei eine etwas ungewöhnliche Art der Darstellung gewählt wurde: Systemleistung dargestellt als Funktion des Lichtstromes.

In der DDR wurden als erstes Lampen der ersten Gruppe eingeführt, d.h. kompakte Leuchtstofflampen als Doppelrohrlampen mit Stecksockel G 23 und integriertem Glimmzünder und Zündkondensator, die in die international bereits standardisierte Typenreihe von Doppelrohrlampen mit Stecksockel G 23 und 2 G 11 einordenbar sind (Tafel 3).

Versucht man die Haupttypen in Richtung Ersatz für die Glühlampe zu untersuchen, so interessiert als erstes ein Vergleich der Lampenlängen. Im Bild 3 wird deshalb von folgendem Ansatz ausgegangen:

$$f(\Phi) = \frac{\Phi_{KLL}/l_{KLL}}{\Phi_{AL}/l_{AL}} \qquad (1)$$

mit Φ Lichtstrom, l Lampenlänge, KLL Index für kompakte Leuchtstofflampe, AL Index für Glühlampe.

Welche Schlußfolgerungen läßt die Darstellung zu?

1. Für den im Gesellschafts- und industriellen Bereich interessierenden Lichtstrom von etwa 500 bis 1500 lm eignen sich am besten die 4-Rohrlampen als Glühlampenersatz. Allerdings können sie nicht direkt ausgetauscht werden. Für den direkten Austausch eignen sich die Lampen mit integriertem Vorschaltgerät. Aus geometrischer Sicht gibt es keinen Unterschied zwischen induktiven und elektronischen Vorschaltgeräten.
2. Für neue Leuchten ist es natürlich vorteilhaft, Lampen mit hohem Lichtstrom mit möglichst geringen Abmessungen einzuführen. Auch scheint die Länge der 4-Rohrlampe die günstigste Variante zu sein. Das Vorschaltgerät ist in die Leuchte zu integrieren. Aus lichttechnischer Sicht wird damit nicht ausgeschlossen, daß eine längergestreckte Lampe von Vorteil sein kann.

Die Darstellung im Bild 4 ist der Versuch einer Gebrauchswertanalyse, allerdings nur auf der Grundlage von meßbaren physikalischen Größen. Die Angabe der Herstellungskosten und deren Einbeziehung ist z.Z. auf Grund fehlender Informationen nicht möglich. Die Größen wurden außerdem ohne Wichtung untereinander betrachtet:

$$f(\Phi) = \frac{\Phi_{KLL}\, L_{KLL}\, Ra_{KLL}/N_{KLL}\, l_{KLL}}{\Phi_{AL}\, L_{AL}\, Ra_{AL}/N_{AL}\, l_{AL}} \qquad (2)$$

mit Φ Lichtstrom, L Lebensdauer, Ra Farbwiedergabeindex, N Leistung von Lampe + Vorschaltgerät, l Lampenlänge, KLL Index für kompakte Leuchtstofflampe, AL Index für Glühlampe.

Sicherlich ist die Parameterauswahl noch nicht ausreichend — unabhängig von der fehlenden Wichtung untereinander —, sie sind aber die z.Z. am meisten diskutierten Parameter:

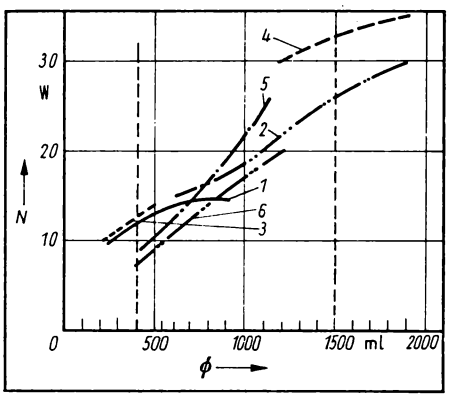


Bild 1. International eingeführte kompakte Leuchtstofflampen, I

1 Doppelrohrlampen (G 23) seperates iVG
2 Vierrohrlampen (G/24) seperates iVG
3 Globelampen (G 23) seperates iVG
4 Doppelrohrlampen (2 G 11) seperates iVG
5 Zylinderformlampen (E 27) integriertes iVG
6 Vierrohrlampen (E 27) integriertes eVG

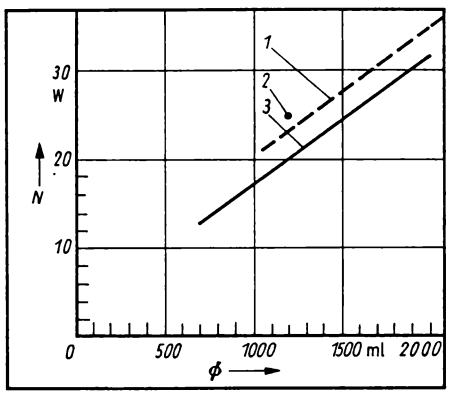


Bild 2. International eingeführte kompakte Leuchtstoffampen, II

1 2-D-Lampen (G R 8) separates iVG
2 2-U-Lampe separates iVG
3 Ringformlampen (E 27) integriertes eVG

— Der Lichtstrom sollte bei kleinen Abmessungen der Lampen hoch sein.
— Die Lebensdauer der kompakten Leuchtstofflampen sollte aus ökonomischen Gründen, d.h. auf Grund noch hoher Lampenkosten und -ersatzkosten, sehr hoch sein.
— Die Farbwiedergabe muß bei Erhebung des Anspruchs auf Ablösung der Glühlampe — ohne nähere Betrachtung des Anwendungsbereichs — gut bis sehr gut sein, mindestens $R_a > 80$.
— Die Lampenleistung muß bei hohem Lichtstrom klein sein, d.h. Erzielung maximaler Lichtausbeuten. Das ist notwendig, um hohe Energieeinsparungsraten gegenüber der Glühlampe zu erreichen.

Den höchsten Gebrauchswert scheint nach dieser Darstellung die 4-Rohrlampe mit integriertem elektronischem Vorschaltgerät (eVG) zu haben. Das ist jedoch insofern ein Trugschluß, da die 4-Rohrlampen mit Sockel G 24 mit induktivem Vorschaltgerät (iVG) betrieben werden. Würde man letztere Lampen mit einem elektronischen Vorschaltgerät versorgen, das dann möglichst in die Leuchte integriert ist, dann liegt deren Gebrauchswert höher als bei den Lampen mit integriertem elektronischem Vorschaltgerät. Ursache ist die kürzere Baulänge.

Würde man die Herstellungskosten noch mit der Relation $1/K$ in die Kurven einführen, dann würde der neu definierte Gebrauchswert der Lampen mit integriertem elektronischem Vorschaltgerät relativ sinken. Daraus ist allerdings die Forderung ableitbar, elektronische Vorschaltgeräte mit geringsten Kosten zu entwickeln!
Für die weitere Perspektive scheint folgender Schluß möglich:
— Als direkter Glühlampenersatz sind in den nächsten Jahren kompakte Leuchtstofflampen mit integriertem Vorschaltgerät erforderlich. Diese Lampen sind dementsprechend in das vorhandene Leuchtensortiment für Glühlampen einzusetzen.
— Der Bedarf an diesen Lampen müßte aber sinken, wenn die Leuchtenproduktion von Leuchten für Stecksockellampen weiter steigt. Das hätte den Vorteil, daß Lampen mit geringeren Kosten bzw. Lampenersatzkosten den Schwerpunkt bilden. Lampen mit Stecksockel erfordern geringeren Material- und Montageaufwand, der sich allerdings reduziert auf die Leuchte verlagert.

2. Prozeß der Einführung kompakter Leuchtstofflampen

Daß kompakte Leuchtstofflampen an Stelle von Glühlampen verwendet werden, wird heute allgemein vertreten und wurde aus den vorstehenden Ausführungen über den Vergleich beider Lichtquellenarten sichtbar. Was Grad und Geschwindigkeit dieses Prozesses betrifft, so gehen die Auffassungen teilweise etwas auseinander. In der Anfangsphase der Einführung kompakter Leuchtstofflampen wurden relativ extreme Meinungen vertreten. Die Diskussion ging um die Frage, ob Zylinderformlampen mit integriertem induktivem Vorschaltgerät sowie Schraubsockel und Doppelrohrlampen mit Stecksockel innerhalb weniger Jahre die konventionellen Glühlampen ablösen oder aber ob diese kompakten Leuchtstofflampen anwendungsmäßig das Glühlampensortiment lediglich ergänzen und in absehbarer Zeit die Glühlampen-Bedarfsentwicklung praktisch nicht beeinträchtigen. Nach Ablauf einer mehrjährigen Einführungsperiode lassen sich derzeitig als real zu betrachtende Vorstellungen für den Prozeß der Ablösung von Glühlampen durch kompakte Leuchtstofflampen etwa folgendermaßen umreißen:
Das heutige Anwendungsgebiet der Glühlampen ist breit und heterogen. Die Ablösung der Glühlampen durch kompakte Entladungslampen spiegelt die unterschiedlichen Anforderungen durch verschiedene Formen und Typen als Diversifikationsprozeß wider. Als Richtwert für die Lebensdauer gelten heute 5000 h gegenüber 1000 h bei Glühlampen. Im Lichtstrom wurde zunächst eine starke Orientierung auf den Bereich 400 bis 900 lm entsprechend Glühlampen von 40 bis 75 W gelegt. Es wird danach im Zuge der Weiterführung des Gesamtprozesses eine Erweiterung in den Bereich 1000 bis 1500 bzw. bis 2000 lm erkennbar. Das bedeutet einen Trend zu

Bild 3. Ersatz von Glühlampen durch kompakte Leuchtstofflampen

1 Glühlampe
2 Doppelrohrlampen (G 23) separates iVG
3 Vierrohrlampen (G 24) separates iVG
4 Globelampen (G 23) separates iVG
5 Doppelrohrlampen (2 G 11) separates iVG
6 Zylinderformlampen (E 27) integriertes iVG
7 Vierrohrlampen (E 27) integriertes eVG

$$f(\Phi) = \frac{\Phi_{KLL}/l_{KLL}}{\Phi_{AL}/l_{AL}}$$

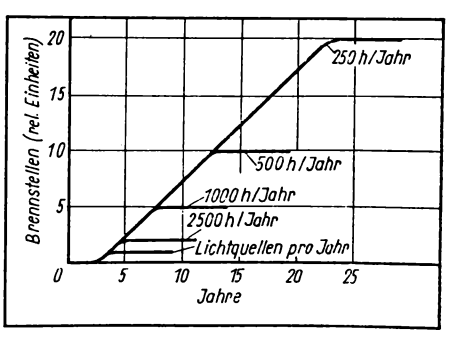
Bild 4. Gebrauchswert von kompakten Leuchtstofflampen gegenüber Glühlampen

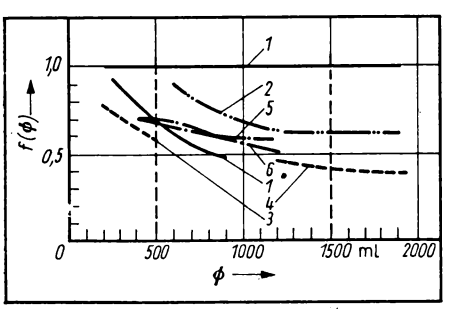
1 Glühlampe
2 Doppelrohrlampen (G 23) separates iVG
3 Vierrohrlampen (G 24) separates iVG
4 Globelampen (G 23) separates iVG
5 Doppelrohrlampen (2 G 11) separates iVG
6 Zylinderformlampen (E 27) integriertes iVG
7 Vierrohrlampen (E 27) integriertes eVG

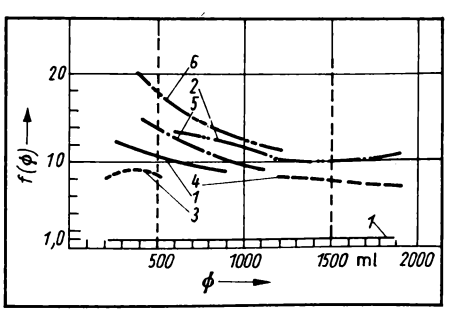
$$f(\Phi) = \frac{\Phi_{KLL} \cdot L_{KLL} \cdot Ra_{KLL}/N_{KLL} \cdot l_{KLL}}{\Phi_{AL} \cdot L_{AL} \cdot Ra_{AL}/N_{AL} \cdot l_{AL}}$$

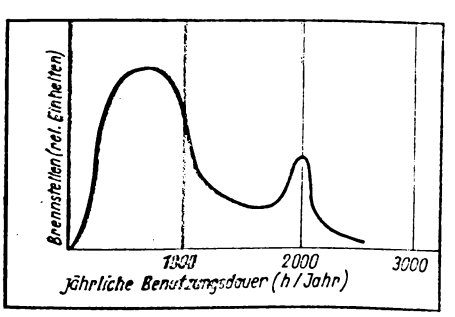
Bild 5. Brennstellen und jährliche Nutzungsdauer

Bild 6. Entstehende Brennstellen durch neue Lichtquellen in Abhängigkeit von der jährlichen Benutzungsdauer









Tafel 3. Doppelrohrlampen mit Stecksockel G 23 und 2 G 11

N_L/N_{VG} W	DDR-Produktion	l_L mm	d mm	L Th	Sockel	Φ lm
5/5	–	105	12,5	5	G 23	250
7/5	×	137	12,5	5	G 23	400
9/5	×	167	12,5	5	G 23	600
11/4	×	235	12,5	5	G 23	900
18/12	–	250	17,5	5···7,5	2 G 11	1200
24/11	–	360	17,5	5···7,5	2 G 11	1800
36/9	–	445	17,5	5···7,5	2 G 11	2900

Tafel 4. Erreichte Brennstellenzahl durch neue Lichtquellen in Abhängigkeit von der jährlichen Benutzungsdauer

Jährliche Benutzungsdauer (h/Jahr)	Erreichte stationäre Brennstellenzahl als Vielfaches der Lichtquellenmenge (100 % = 1 gesetzt)	nach Jahren
2500	2	6
1000	5	9
500	10	14
250	20	24

erhöhten Lichtstromwerten je Lampe, der dann auch kompakte Hochdrucklampen neben kompakte Leuchtstofflampen treten läßt, und Formenvielfalt sowie Einsatzmöglichkeit mit zunehmender Anpassung an spezifische Teilgebiete der Glühlampenanwendung vergrößert. Damit löst sich der langfristige Gesamtprozeß der Glühlampenablösung in eine Vielfalt sich zeitlich überschneidender bzw. aneinander anschließender Ablöseprozesse für verschiedene Teilanwendungsgebiete von Glühlampen mit unterschiedlichen Konstruktions- und Anwendungsmerkmalen der Substitute auf.

Bei der Einführung kompakter Leuchtstofflampen in Westeuropa ist der Bedarf nicht gleichmäßig gestiegen. Er hat 1984 etwa 7 bis 8 Mill. Stück jährlich erreicht, und es wird für 1990 gegenüber 1985 mit einem Anwachsen etwa auf das Fünffache gerechnet [1] [2]. Daraus kann man schlußfolgern, daß dort bis 1985 etwa 20 Mill. Leuchtstellen für kompakte Leuchtstofflampen entstanden sind und damit etwa 0,5 bis 1% der Glühlampen-Leuchtstellen durch kompakte Leuchtstofflampen substituiert wurden. Bei einer Steigerung auf das Fünffache wird dann 1990 ein Substitutionsgrad von etwa 2 bis 5% erreicht.

Statistische Analysen der Glühlampen-Leuchtstellen in der DDR nach Teilanwendungsgebieten mit Mengen- und Leistungsverteilung, Verteilung der jährlichen Benutzungsdauer usw. stehen gegenwärtig nicht zur Verfügung. Man muß deshalb versuchen, über Modellvorstellungen und Erfahrungswerte ein Bild vom möglichen zukünftigen Verlauf des langfristigen Prozesses der Glühlampenablösung zu gewinnen. Ausgehend von der Notwendigkeit, in der Beleuchtung der DDR weiterhin stark zur Energieeinsparung bzw. zur rationellen Energieanwendung beizutragen, kann man bei sehr optimistischem Herangehen der Doppelrohrlampe als erster relevanter Typenreihe der kompakten Leuchtstofflampen eine potentielle Glühlampenablösung von etwa 5 bis 20% der Leuchtstellen innerhalb von 2 bis 3 Fünfjahrplanzeiträumen zuordnen. Folgt man diesem optimistischen Herangehen weiter, so kann man einschätzen, daß mit mehreren Formen oder Typenreihen kompakter Entladungslampen innerhalb von 4 bis 6 Fünfjahrplanzeiträumen 60 bis 80% der Glühlampen substituiert werden können, wenn sich Anwendungseigenschaften der neuen Formen und ihre Anwendungsökonomie entsprechend entwickeln. Damit wird prinzipiell eine solche Denk- und Herangehensweise verfolgt, die von der volkswirtschaftlichen Zielstellung der Glühlampenablösung ausgeht und nicht primär von der Produktinnovation.

Die Laufzeit und Geschwindigkeit der Glühlampenablösung wird nicht nur durch Konstruktions- und Anwendungsanpassung der kompakten Entladungslampen und der dafür eingesetzten Leuchten, sondern wesentlich durch den Grad der Senkung des volkswirtschaftlichen Aufwandes für die Beleuchtung von der Entwicklung bis zur Anwendung bestimmt, insbesondere durch die Relationen von Energiekosteneinsparung und Umstellungsaufwand mit hinreichenden Rückflußdauerwerten. Durch die unterschiedlichen Preisrelationen im Bevölkerungsbedarf einerseits und im gesellschaftlichen und industriellen Bereich andererseits ergeben sich für beide Bereiche unterschiedliche ökonomische Kriterien. Dahinter steckt dennoch die Notwendigkeit der Energieeinsparung im gesamten Glühlampenanwendungsbereich durch die Einführung kompakter Leuchtstofflampen, der auch im Bevölkerungsbereich durch Stützung aus dem Fonds der Energieeinsparung der Weg zu ebnen ist.

Bei der Ermittlung von Rückflußdauerwerten spielt die jährliche Benutzungszeit der Glühlampen bzw. der kompakten Entladungslampen eine große Rolle. In Ermangelung direkter Analysen ist man auf Abschätzungen angewiesen, die auf eine Verteilung mit mindestens zwei Maxima hinweisen (Bild 5):

— Ein relativ stark ausgeprägtes Maximum liegt im Bereich um 2000 h jährlich und entspricht dem Anwendungsgebiet in Industrie, Handwerk, Verwaltung, Gesellschaftsbauten usw., also dem gesellschaftlich organisierten Bereich. Man kann abschätzen, daß diese Anwendungsgebiete etwa 10 bis 20% der Glühlampen-Brennstellen umfassen.

— Ein sehr breiter Bereich umgibt einen Mittelwert um 500 bis 700 h jährlich und entspricht den verschiedenen Anwendungsgebieten im Wohnbereich mit etwa 80 bis 90% der Glühlampen-Brennstellen.

Sicherlich handelt es sich bei beiden Bereichen nicht um ideale oder auch nur um symmetrische Verteilungen, wie sie im Bild 5 mangels genauerer Kenntnisse erscheinen. Besonders im unteren Bereich der jährlichen Benutzungsdauerwerte kann eine überaus hohe Brennstellenzahl liegen, die aber zum Glühlampenverbrauch und damit auch zu Lichterzeugung und zum Energieverbrauch wenig beiträgt und deren Substitution aus volkswirtschaftlich ökonomischen Gründen nicht primär anzustreben ist. Ökonomisch interessant sind die Bereiche höherer jährlicher Benutzungsdauer, weil nur hier mit hinreichender Rückflußdauer zu rechnen ist. Diese Betrachtung veranschaulicht auch die Auffassung, daß das Hauptfeld der abzulösenden Glühlampen etwa 60 bis 80% der Glühlampen-Brennstellen umfaßt.

Eine abschließende Betrachtung soll das Zusammenwirken zwischen der Menge der eingesetzten kompakten Entladungslampen und der entstehenden Brennstellenzahl in Abhängigkeit von der jährlichen Benutzungsdauer veranschaulichen [3]. Dazu wird modellmäßig von dem Ansatz ausgegangen, daß eine bestimmte Menge (100%) jährlich neu zugeführter kompakter Entladungslampen innerhalb eines Fünfjahrplanzeitraums in den Stufen

1. Jahr	1%	4. Jahr	90%
2. Jahr	10%	5. Jahr	100%
3. Jahr	30%		

erreicht wird. Bei einer Lebensdauer von 5000 h entwickelt sich daraus eine bestimmte Brennstellenzahl, die je nach jährlicher Benutzungsdauer einen unterschiedlichen Umfang nach jeweils ganz bestimmten Zeiten erreicht (Tafel 4 und Bild 6). Bei hoher jährlicher Benutzungszeit wird eine relativ geringe Brennstellenzahl in kurzer Zeit aufgebaut, während sich bei geringer jährlicher Benutzungszeit wesentlich höhere Brennstellenzahlen nach längeren Zeiten einstellen.

Dabei ist zu bemerken:

— Nach Erreichen der stationären Brennstellenzahl ist die jährliche Gesamtbrennzeit (Brennstellen-Stunden), bezogen auf eine bestimmte Menge neuer Lichtquellen, in allen Fällen gleich und ebenso auch die Energieeinsparung gegenüber Glühlampen.
— Der volkswirtschaftliche Aufwand für die Schaffung von Brennstellen mit kompakten Entladungslampen liegt in absehbarer Zeit deutlich über dem entsprechenden Aufwand für Glühlampen-Brennstellen und muß voll von der Energiekosteneinsparung getragen bzw. übertroffen werden.
— Die errechnete Brennstellenzahl ergibt direkt den entstehenden Bedarf (einlampiger) Leuchten, sofern nicht Glühlampenleuchten durch kompakte Entladungslampen mit Schraubsockel weitergenutzt werden können.

Diese modellmäßigen Betrachtungen zum Einführungsprozeß kompakter Entladungslampen sollen dazu beitragen, größenordnungsmäßige Vorstellungen zum Ablauf nach Gesamtumfang, Zeit- und Breitenrelationen zu gewinnen. Sie zeigen gleichzeitig auch die dynamische Entwicklung der Lichtquellenumstellung im Glühlampenanwendungsgebiet, die in den vergangenen Jahren eingeleitet wurde und mit zunehmender Geschwindigkeit und Breitenwirkung verläuft. Durch die Vielzahl der umzustellenden Brennstellen kleiner Leistung handelt es sich um einen langfristigen Innovationsprozeß, für den der entstehende Aufwand durch Anlehnung an den natürlichen Verschleiß der Beleuchtungsanlagen in Grenzen gehalten werden kann. Gleichzeitig ist dieser Innovationsprozeß der Beleuchtungsanlagen ein Energieeinsparungspotential, das über einen längeren Zeitraum nutzbar ist. Es ist notwendig, dieses Potential zur Senkung des gesellschaftlichen Aufwandes für die Beleuchtung mit der größtmöglichen Geschwindigkeit konsequent zu erschließen.

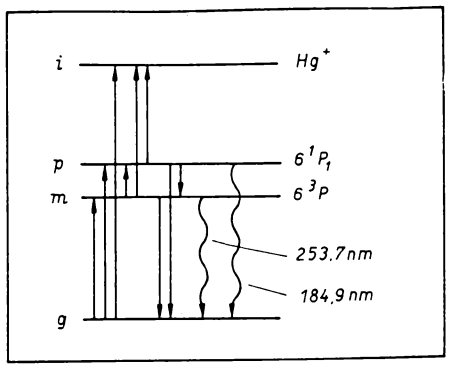
Frequenzverhalten von Leuchtstofflampen

H. Gündel; R. Sonnenburg; Berlin

Die technische Anwendung von Hg-Ar-Mischplasmen für die Lichterzeugung bewirkt eine seit Jahren anhaltende Forschungstätigkeit auf dem Gebiet der Niederdrucklichtquellen. Eine Vielzahl experimenteller Arbeiten wurde mit dem Auftauchen immer leistungsfähigerer Rechenanlagen durch verschiedene theoretische Modelle des Leuchtstofflampenplasmas ergänzt. Dabei gilt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten der Plasmabeschreibung: die kinetische und die hydrodynamische. Im ersten Fall wird die kinetische Gleichung simultan mit den Bilanzgleichungen der betrachteten Teilchensorten und der Energie der Elektronen gelöst und somit eine der Realität sehr nahe kommende Energieverteilungsfunktion der Elektronen (EVFE) gefunden, die die Berechnung der Transportkoeffizienten ermöglicht. Aufgrund des hohen Rechenaufwandes werden in diesen Theorien stationäre und räumlich homogene Verhältnisse vorausgesetzt.
Hydrodynamische Modelle verzichten auf die Lösung der Boltzmanngleichung zur Bestimmung der EVFE und nehmen statt dessen eine Maxwellverteilung der Elektronenenergie an. Der so minimierte Rechenaufwand läßt die Analyse zeitlich veränderlicher Vorgänge [1] [2] oder räumlicher Inhomogenitäten [4] zu. Die benötigten Transportkoeffizienten werden dann durch geeignete Näherungen unter Verwendung der Maxwellverteilung erhalten.
Ziel dieser Arbeit ist es, mit einem modifiziertem Modell nach [2] das Verhalten von Leuchtstofflampenplasmen bei erhöhten Betriebsfrequenzen zu untersuchen.

Prof. Dr. sc. *Harald Gündel* ist stellv. Institutsdirektor des ZIE der Akademie der Wissenschaften; Dr. *Reinhard Sonnenburg* ist Mitarbeiter im Zentrum für Forschung und Technologie im Kombinat VEB NARVA „Rosa Luxemburg" Berlin.

Bild 1. Vereinfachtes Termschema des Quecksilbers



1. Modell

Das verwendete Modell entspricht dem in [2] und [3] beschriebenen, ist jedoch um die Bilanzgleichung für die angeregten Quecksilberatome des Niveaus 6^1P_1 erweitert. Im äußeren Schaltkreis wurde die Ballastdrossel durch einen ohmschen Vorwiderstand ersetzt. Ein dem Modell zugrunde liegendes vereinfachtes Termschema des Quecksilbers ist im Bild 1 dargestellt.
Das zu lösende Gleichungssystem besteht danach aus den Kreisgleichungen für die äußere Beschaltung der Lampe, den Bilanzgleichungen für die Elektronen, die angeregten Quecksilberatome des Tripletniveaus 6^3P und des Niveaus 6^1P_1 sowie für die Elektronenenergie und aus der Bewegungsgleichung der Elektronen. Die aus der Energiebilanz der Elektronen erhaltene Elektronentemperatur bestimmt die Form der Maxwellverteilung und damit die Größe der Raten- und Transportkoeffizienten in den Bilanzgleichungen. Aus kinetischen Analysen der Verhältnisse in Leuchtstofflampenplasmen [3] ist bekannt, daß die EVFE deutliche Abweichungen von einer Maxwellverteilung vor allem im Energiebereich jenseits des ersten Anregungspotentials der Quecksilberatome (etwa 5 V) aufweist. Die in diesem Bereich beobachtete Verarmung der EVFE an hochenergetischen Elektronen ist eine Folge der unelastischen Stoßprozesse der Elektronen mit neutralen und angeregten Quecksilberatomen, wodurch Anregung und Ionisation ermöglicht werden. Dieser Tatsache Rechnung tragend, wird in hydrodynamischen Modellen die Verteilungsfunktion oft durch ein sogenanntes Zweigruppenelektronenmodell [6] genähert. Die EVFE der langsamen Elektronen mit Energien unterhalb des ersten Anregungspotentials des Quecksilbers ist eine Maxwellverteilung mit der Temperatur *Te1*, die EVFE der Elektronen höherer Energie entspricht einer Maxwellverteilung mit der Temperatur *Te2*, wobei $Te1 > Te2$ gilt. Alle Anregungs- und Ionisationsprozesse werden dann mit der Temperatur *Te2* bestimmt, alle übrigen Größen mit *Te1*. Es ist deshalb richtiger, nicht von der Elektronentemperatur zu sprechen, sondern von einer mittleren Elektronenenergie. Im weiteren Text wird nur noch von *Te1* gesprochen, da diese Temperatur im wesentlichen die mittlere Elektronenenergie bestimmt.

2. Ergebnisse

Den Rechnungen lagen folgende Angaben zugrunde:

Rohrradius	18 mm
Argondruck	400 Pa
Gastemperatur	42 °C
Frequenzbereich	50 Hz bis 40 kHz
Speisespannung	sinusförmig.

Es werden die Ergebnisse der Rechnungen und Experimente für einen effektiven Lampenstrom von 430 mA vorgestellt. Sämtliche Angaben beziehen sich auf die positive Säule der Entladung, da die Frequenzabhängigkeit der Elektrodenverluste nicht ausreichend geklärt ist.
Errechnete Modellwerte für eine Gleichstromsäule (dc-Werte) zum Vergleich

I = 430 mA
E = 83,8 Vm^1
$Te1$ = 11115 K
ne = $1{,}93 \cdot 10^{17}$ m^{-3}
nm = $3{,}1 \cdot 10^{17}$ m^{-3}
np = $6{,}74 \cdot 10^{15}$ m^{-3}.

Die Bilder 2 bis 7 zeigen für einige Frequenzen den Verlauf der Feldstärke E, der querschnittsgemittelten Konzentrationen der Elektronen ne und der angeregten Quecksilberatome der Niveaus

3. Zusammenfassung

Die Notwendigkeit der Einführung kompakter Leuchtstofflampen in der DDR ist vor allem energieökonomisch begründet. Ihre Anwendung ist in der Arbeitsplatzbeleuchtung und in der Beleuchtung in Gesellschaftsbauten und im Wohnbereich vorgesehen, um in diesen traditionellen Glühlampenanwendungsgebieten die wesentlich höhere Lichtausbeute der Entladungslampen zur Wirkung zu bringen.
Eine Analyse der bisher international eingeführten Formen kompakter Leuchtstofflampen stellt für den Einsatz in der DDR zwei Typengruppen in den Vordergrund:

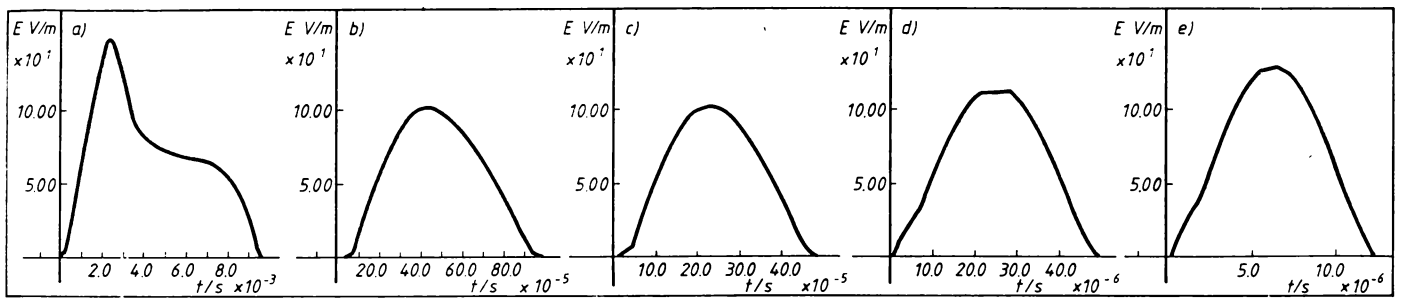
— Doppelrohrlampen mit Stecksockel und getrenntem Vorschaltgerät
— kompakte Leuchtstofflampen mit Schraubsockel und integriertem elektronischem Vorschaltgerät.

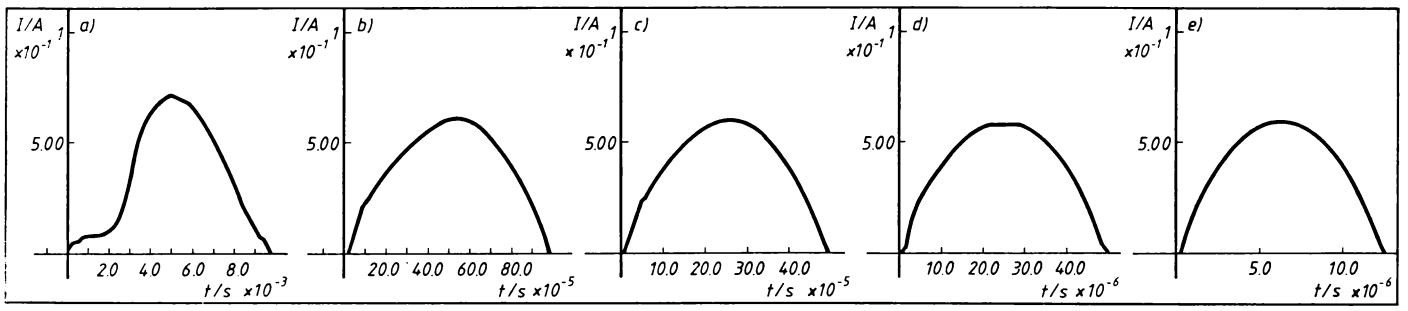
Zum Verständnis des Einführungsprozesses kompakter Leuchtstofflampen in den Glühlampenanwendungsgebieten wurden Modellvorstellungen erarbeitet. Die Überlegungen zu diesem bedeutenden Innovationsprozeß in der Beleuchtung führen zu der Vorstellung, daß innerhalb von vier bis sechs Fünfjahrplanzeiträumen 60 bis 80% der Glühlampen substituiert werden können, wenn Anwendungseigenschaften und -ökonomie der vielfältigen Typengruppen kompakter Leuchtstofflampen dafür die Grundlage geben.

Literatur

[1] *Koedam, M.:* Materials vital to the lighting industry. Design an Application (1985) 1, S. 18–27
[2] Osram aktuell. Februar 1986, S. 1 u. 2
[3] *Wolff, J.:* Zur Breitenwirkung der Lichtausbeute-Erhöhungen von Lichtquellen. ELEKTRIE, Berlin 41 (1987) 1, S. 4–6

EA 5975





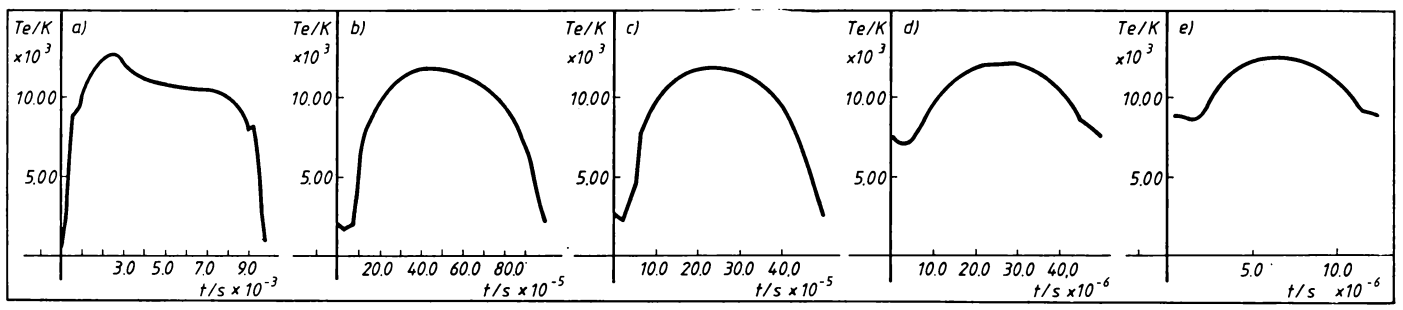


Bild 2. Feldstärkeverlauf während einer Halbperiode bei a) 50 Hz; b) 500 Hz; c) 1 kHz; d) 10 kHz; e) 40 kHz

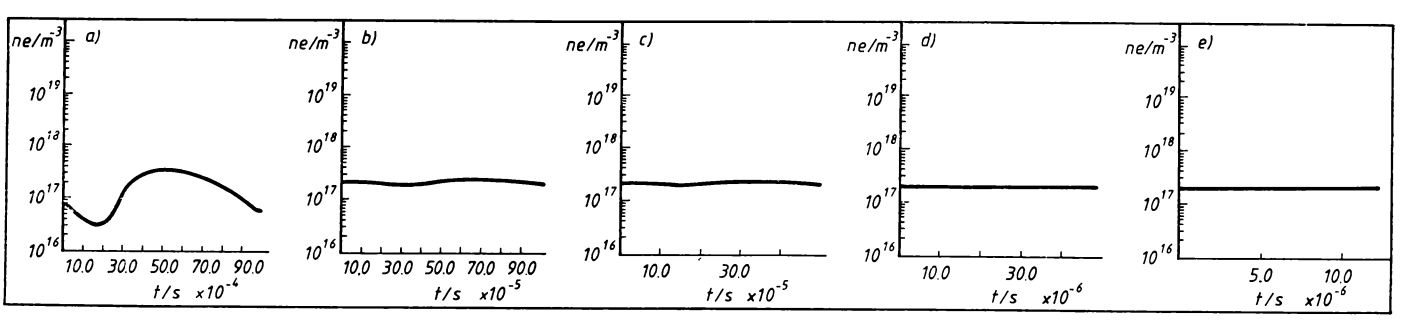
Bild 3. Lampenstrom einer Halbperiode (Frequenzen siehe Bild 1)

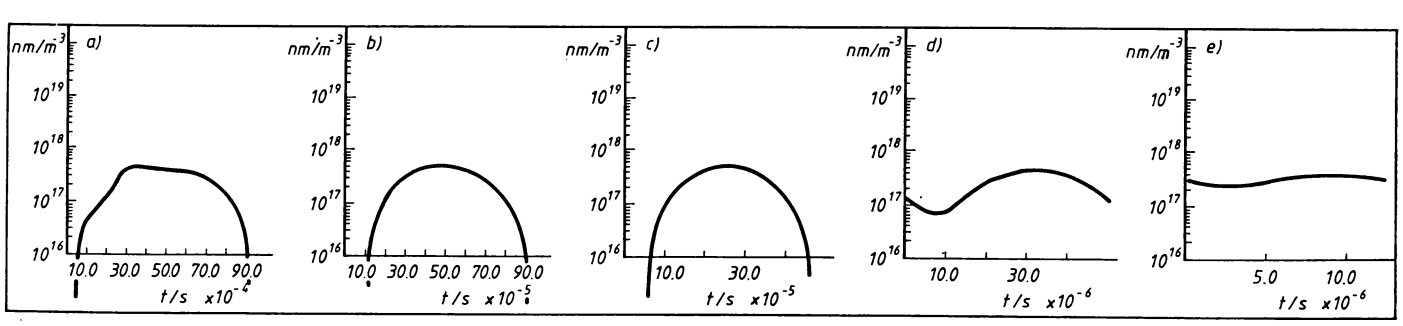
Bild 4. Verlauf der Elektronentemperatur (Frequenzen siehe Bild 1)

Bild 5. Konzentration der Elektronen (Frequenzen siehe Bild 1)

Bild 6. Konzentration der angeregten Atome des 6^3P-Niveaus (Frequenzen siehe Bild 1)

6^3P und 6^1P1 *nm* bzw. *np*, der Elektronentemperatur *Te* und des Lampenstromes *I* während einer Halbperiode der Speisespannung. Diese Abbildungen illustrieren das zeitliche Verhalten des Plasmas, das, wie von *Polman* und Mitarbeitern in [1] erstmalig beschrieben, hauptsächlich durch drei Zeitkonstanten und deren Verhältnis zur Periodendauer der Speisespannung bestimmt wird. Die Zeitkonstanten beschreiben die charakteristischen Zeiten für die Diffusion der Elektronen zur Wand ($\tau_D \sim 5$ ms), für die effektive Lebensdauer der angeregten Quecksilberatome ($\tau_{eff} \sim 20$ µs) und die Energierelaxation der Elektronen ($\tau_E \sim 2$ µs). Bei kleinen Frequenzen liegen quasistationäre Bedingungen vor, d.h., mit Ausnahme der





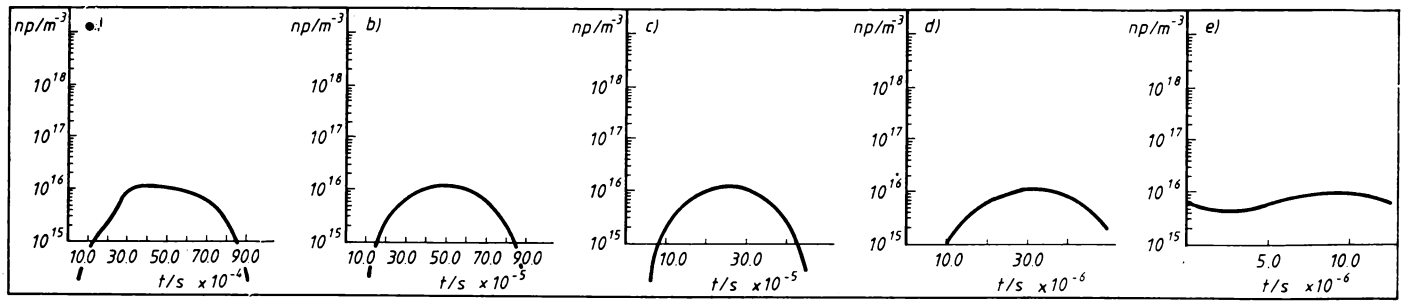
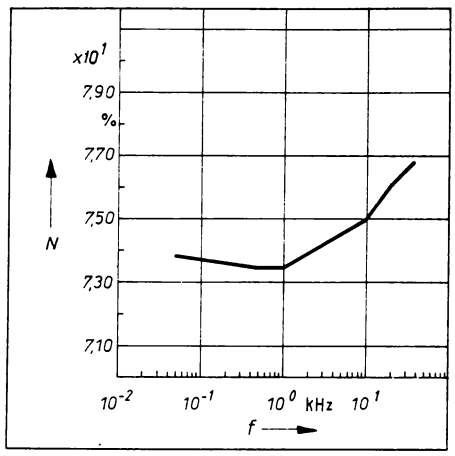


Bild 7. Konzentration der angeregten Atome des 6^1P_1-Niveaus (Frequenzen siehe Bild 1)

Bild 8. UV-Wirkungsgrad in Abhängigkeit von der Frequenz



Gebiete um den Stromnulldurchgang folgen alle Größen der Modulation der Feldstärke (Bilder 2a bis 7a). Mit steigender Frequenz hört die Modulation der Elektronenkonzentration ($\tau_{1)} \sim 5$ ms) auf (Bilder 5a bis 5e), dann die der Konzentration der angeregten Atome und damit der Strahlung ($\tau_{eff} \sim 20$ µs) (Bilder 6a bis 6e, 7a bis 7e) und letztlich, bei Frequenzen oberhalb 4 MHz, verschwindet auch die Modulation der Elektronentemperatur. Wegen des nichtlinearen Charakters der Ionisations- und Anregungsprozesse im Plasma werden alle modulierten Parameter durch den Mittelwert — unter dem Mittelwert einer Größe wird im folgenden immer der zeitliche Mittelwert verstanden — der Elektronentemperatur bestimmt. Alle nichtmodulierten Größen entsprechen jedoch dem Spitzenwert dieser Temperatur (der etwa dem Gleichstromwert entspricht). Die Folge dieser Nichtlinearitäten ist ein Absinken der mittleren Elektronentemperatur unter den entsprechenden Gleichstromwert, solange eine Modulation dieser Temperatur vorliegt, d.h. in einem Bereich bis zu etwa 4 MHz. Bei Frequenzen um 500 Hz (Bilder 2b bis 7b) werden in den Strompausen wegen der großen Diffusionszeiten kaum Elektronen vernichtet, und die Konzentration der Elektronen stellt sich auf etwa den zugehörigen Gleichstromwert ein. Für Ionisation und Anregung reichen die Zeiten aus, in denen sich die Elektronentemperatur nahe dem Spitzenwert (> 10000 K) befindet. In den übrigen Zeiten ist aufgrund der kleinen Temperaturwerte und der oben genannten Nichtlinearitäten die Ionisation und Anregung vernachlässigbar klein. Die Folge ist, wie bereits erwähnt, ein Sinken der mittleren Elektronentemperatur und damit ein Sinken der mittleren eingespeisten Leistung unter den dc-Wert bei gleichem Strom. Da die effektive Lebensdauer der angeregten Atome bei 500 Hz aber noch wesentlich kleiner ist als die Periodendauer der Speisespannung, folgt die Konzentration dieser Atome der Modulation der Elektronentemperatur, und die Mittelwerte von *nm* und *np* fallen unter den Gleichstromwert. Der Abfall der Mittelwerte der Konzentration der angeregten Atome ist wegen der genannten Nichtlinearitäten größer als die Verminderung des Mittelwertes der Elektronentemperatur und bewirkt somit ein Sinken der UV-Ausbeute im Vergleich zum dc-Betrieb (Bild 8). Eine Erhöhung der Frequenz auf 40 kHz führt wegen der kurzen Periodendauer dazu, daß der Modulationsgrad der Angeregtenkonzentrationen klein wird (Bilder 6e und 7e), wobei die sich einstellenden Werte den Gleichstromwerten bzw. dem Spitzenwert der Elektronentemperatur entsprechen. Wie aus Bild 4e) zu sehen ist, nähert sich die mittlere Elektronentemperatur bei kleiner werdendem Modulationsgrad dem dc-Wert, d.h., auch die eingespeiste Leistung steigt wieder an, liegt aber noch unter dem dc-Wert. In diesem Frequenzbereich hat aber die Strahlungsleistung — die Strahlungsleistung ist proportional der Konzentration der angeregten Atome — bereits etwa den Gleichstromwert erreicht, und folglich steigt die UV-Effektivität der Säule über den zugehörigen Gleichstromwert. Aus dieser Diskussion ergibt sich ein Minimum in der Strahlungseffektivität der Säule im Bereich von 150 bis 500 Hz, in dem der Mittelwert von *Te* niedriger ist als im Gleichstromfall und damit auch der Mittelwert der angeregten Atome, während die Elektronenkonzentration kaum noch eine Modulation aufweist. Dagegen hat die Säule bei Frequenzen oberhalb von 20 kHz eine größere UV-Ausbeute als die Gleichstromsäule. Der Verlauf der UV-Strahlungseffektivität in Abhängigkeit von der Frequenz ist im Bild 8 dargestellt. Das Modell gibt für 430 mA Gleichstrom eine Säuleneffektivität von 76%. In den Bereichen, in denen auch die Elektronentemperatur nicht mehr moduliert ist, liegen im Prinzip analoge Verhältnisse wie im Gleichstromfall vor, die UV-Strahlungsausbeute hat den gleichen Wert wie im dc-Fall.

3. Diskussion

Ein detaillierter Vergleich der Modellergebnisse mit experimentellen Daten ist nur schwer möglich, da sich im Experiment die Beiträge der Fallräume und der positiven Säule zur Effektivitätssteigerung nicht genau trennen lassen [5]. Prinzipiell zeigen aber alle Experimente (siehe dazu auch Diskussion in [1]) einen Ausbeuteanstieg, der jedoch im Bereich von 500 Hz bis 1 kHz im wesentlichen durch die Beiträge der Fallräume bewirkt wird. Die errechnete UV-Strahlungseffektivität für die Gleichstromsäule von 76% liegt gegenüber Meßwerten um einige Prozent zu hoch. Diese Überbewertung der UV-Strahlung im Modell ist eine Folge der ungenauen Ermittlung der Temperatur *Te2* durch eine halbempirische Formel. Ob die Effektivität der Säule bei Frequenzen um 40 kHz tatsächlich den Gleichstromwert übersteigt, ist nicht gesichert. Zur Klärung dieser Frage ist eine sorgfältige meßtechnische Analyse erforderlich. Die hier vorgestellten Ergebnisse der Modellrechnungen gehen in zwei Punkten über die in [1] veröffentlichten Daten hinaus. Erstens wird die reale Stromform berücksichtigt (in [1] wurden für alle Frequenzen rein sinusförmige Lampenströme vorausgesetzt), zweitens wurden die angeregten Quecksilberatome des Niveaus 6^1P_1 mitbilanziert. Diese Atome sind für die Strahlung der UV-Linie 184,9 nm verantwortlich, die bei den kleinen Rohrradien der kompakten Leuchtstofflampen stärker in Erscheinung tritt.

Literatur

[1] *Polman, J.; Van der Werf, J. E.; Drop, P. C.:* Nonlinear effects in the positive column of a strongly modulated mercury-rare gas discharge. J. Phys. D: Appl. Phys. 5 (1972) S.266
Drop, P. C.; Polman, J.: Calculations on the effect of supply frequency on the positivecolumn of a low-pressure Hg-Ar AC discharge. J. Phys. D: Appl. Phys. 5 (1972) S.562

[2] *Sonnenburg, R.; Gündel, H.:* Computermodelling of fluorescent lamp plasmas. Contrib. Plasma Phys. 27 (1987) 1, S.37
Sonnenburg, R.; Gündel, H.: Dynamische Modellierung von Leuchtstofflampenplasmen. ELEKTRIE, Berlin 41 (1987) 1, S.15 u. 16

[3] *Winkler, R. B.; Wilhelm, J.; Winkler, R.:* Kinetics of the Hg-Ar plasma of fluorescent lamp discharges I. Model — Basic equations — Hg partial pressure variation; II. Ar partial pressure and discharge current variation. Ann. Physik 40 (1983) 2/3, S.90; 40 (1983) 2/3, S.119

[4] *Dakin, J. T.:* A model of radial variations in the low-pressure Mercury-Argon positive column. CRD (1986) NO. 86CRDO31

[5] *Claus, H.:* Betrieb von Leuchtstofflampen bei höheren Frequenzen. Dissertation, TH Ilmenau 1988. ELEKTRIE, Berlin 43 (1989) 1, S.11 u. 12

[6] *Vriens, L.:* Energy balance in low-pressure gas discharges. J. Appl. Phys. 44 (1973) 9, S.3980

EA 5966

Betrieb von Leuchtstofflampen bei höheren Frequenzen

H. Claus; Berlin

Ein wesentlicher Teil der Energieeinsparung in der Beleuchtung soll in den nächsten Jahren durch den Einsatz von Leuchtstofflampen erreicht werden. Nachteile der Leuchtstofflampen, wie geringe Leuchtdichte, Flimmern und elektrische Anschlußprobleme können durch kompakte Bauformen, integrierte Vorschaltgeräte und Schraubsockelvarianten wesentlich vermindert werden. Diese sogenannten Kompaktlampen sind als Alternative zur Glühlampe auch im Wohnbereich anzusehen.

Seit vielen Jahren ist bekannt, daß höherfrequent betriebene Leuchtstofflampen eine erhöhte Lichtausbeute ergeben. In letzter Zeit werden von einigen Herstellern kompakte Leuchtstofflampen mit integriertem elektronischem Vorschaltgerät als Schraubsockelvarianten angeboten, die bei Frequenzen $f > 20$ kHz arbeiten. Um zum besseren Verständnis der Vorgänge in der Lampe zu gelangen und um Hinweise für die Entwicklung elektronischer Vorschaltgeräte zu geben, wurden die folgenden Untersuchungen durchgeführt.

1. Gesamtverhalten der Leuchtstofflampen bei höheren Frequenzen

Alle Untersuchungen sind an stabförmigen Leuchtstofflampen kleiner Leistung (4- bis 13-W- und 9-W-Doppelrohrlampen) durchgeführt worden. Die Lampen wurden mit sinusförmigem Nennstrom betrieben und die elektrischen und lichttechnischen Kennwerte gemessen. Im Bild 1 ist der typische Verlauf von Lampenspannung und Lichtstrom einer 8-W-Stablampe (Rohrinnendurchmesser 14 mm) und einer 9-W-Doppelrohrlampe (Rohrinnendurchmesser 10 mm) dargestellt.

Erkennbar ist der qualitativ gleiche Verlauf beider Lampen. Unterschiede bestehen in der frequenzmäßigen Lage von Minimum (im unteren kHz-Bereich) und Maximum (im Bereich von 27 bis 40 kHz). Das Auftreten dieser charakteristischen Verläufe hängt eng mit dem Rohrdurchmesser der Lampen und dem Füllgasdruck zusammen. Erwähnt werden soll die Tatsache, daß die Lampen im Bereich ihres Spannungsminimums instabil arbeiten und nur schwer in ihren Betriebswerten zu stabilisieren sind.

Im Bild 2 wird die auf den 50-Hz-Wert bezogene Lichtausbeute verschiedener Lampen dargestellt. Wesentlich ist wiederum das Auftreten eines Minimums im unteren Kilohertzbereich und der stetige Anstieg bei höheren Frequenzen. Hingewiesen werden soll insbesondere auf den Unterschied der Lichtausbeutesteigerung bei 4-W- und 13-W-Lampen, deren wesentlichster Unterschied in der Lampenlänge besteht.

Ein bemerkenswertes Ergebnis dieser Untersuchungen ist die Feststellung, daß die Lichtausbeute üblicher Kleinleuchtstofflampen (8 bis 13 W) bei Frequenzen über 20 kHz (den Betriebsfrequenzen elektronischer Vorschaltgeräte) um etwa 8% (13-W-Lampe) bis 16% (8-W-Lampe) höher ist als im 50-Hz-Betrieb.

2. Vorgänge in der Leuchtstofflampe bei höherfrequentem Betrieb

Leuchtstofflampen können in 3 wesentliche Gebiete unterteilt werden:

1. Positive Säule,
2. Anodengebiet,
3. Katodengebiet.

Die positive Säule, in der der Hauptteil des Lichts entsteht, wurde ausführlich in [1] dargestellt. Ein Vergleich der dort gemachten Aussagen bezüglich des Auftretens der Minima von Spannung, Leistung und Lichtausbeute läßt sich qualitativ mit den Meßergebnissen zur 13-W-Lampe durchführen, da bei dieser Lampe der Anteil der positiven Säule an der Lampenspannung überwiegt. Es zeigt sich eine gute qualitative Übereinstimmung mit den theoretischen Ergebnissen, wobei die frequenzmäßige Verschiebung des Minimums und das Auftreten eines Maximums der Lampenspannung, -leistung und des Lichtstroms bei etwa 27 kHz zu beachten sind. Für die bei diesen Lampen beobachtete Verschiebung des Minimums zu höheren Frequenzen ist besonders die quadratische Abhängigkeit der ambipolaren Diffussionszeit T_D vom Rohrdurchmesser verantwortlich.

Elektroden von Leuchtstofflampen werden fast ausschließlich als Wolframwendel gefertigt, die mit Emissionsmaterial beschichtet sind, das zur Austrittsarbeitssenkung dient. Ein Spezifikum der wechselstrombetriebenen Lampe ist, daß die beiden Elektroden abwechselnd als Anode und Katode arbeiten. Dabei tritt vor der Anode bei niedrigen Frequenzen ein Spannungsabfall von etwa 10 bis 14 V auf, der sogenannte Anodenfall.

Da im Plasma der Leuchtstofflampe an jedem Punkt ein Gleichgewicht zwischen Elektronen- und Ionenstrom besteht, die Anode als Festkörper jedoch keine Ionen emittiert, müssen die Ionen in diesem Gebiet auf andere Weise bereitgestellt werden. Bei niedrigen Frequenzen geschieht das durch erhöhte Ionisation während der Anodenphase. Die dazu notwendigen schnellen Elektronen entstehen in einem elektrischen Feld, das mit einem Spannungsabfall ver-

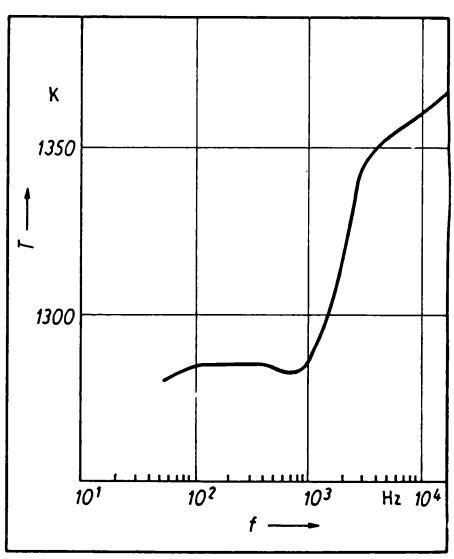
Dr. *Holger Claus* ist Mitarbeiter im Zentrum für Forschung und Technologie im Kombinat VEB NARVA „Rosa Luxemburg", Berliner Glühlampenwerk.

Bild 1. Abhängigkeit der Lampenspannung und des Lichtstroms verschiedener Kleinleuchtstofflampen von der Frequenz

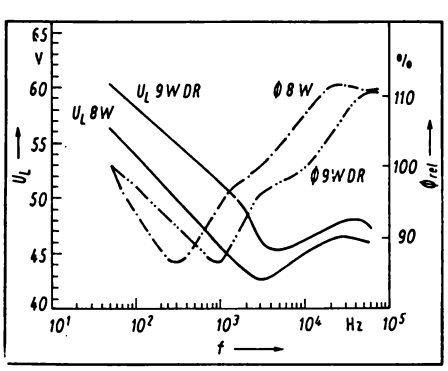
Bild 2. Abhängigkeit der Lichtausbeute von der Frequenz

Bild 3. Gemessene Abhängigkeit des Anodenfalls einer 13-W-Lampe von der Frequenz

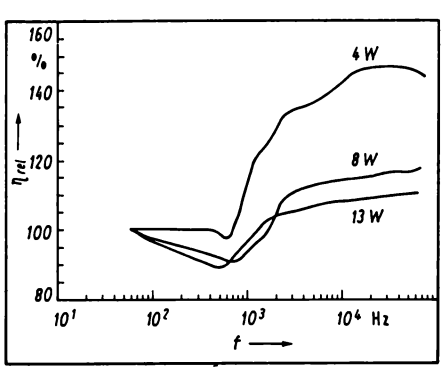
Bild 4. Gemessene Abhängigkeit der Brennflecktemperatur einer 9-W-Doppelrohrlampe von der Frequenz [5]



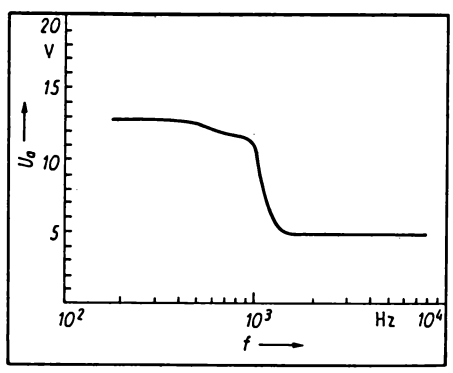
1



2



3



bunden ist — dem Anodenfall. Dieser Prozeß ist von Natur aus instabil und führt zu den bekannten Anodenfallschwingungen mit Frequenzen von etwa 700 bis 3000 Hz.

Weil im Anodenfall eine relativ hohe elektrische Leistung verbraucht wird, das erzeugte Licht jedoch vernachlässigbar ist, wird die Lichtausbeute der Lampe gesenkt, eine Minimierung ist wünschenswert. Bei niedrigen Frequenzen ist das nur bedingt durch sogenannte Anoden- bzw. Abschirmbleche möglich. Beim Betrieb mit höheren Frequenzen zeigte sich, daß der Anodenfall wesentlich geringer als bei 50 Hz ist [2]. Im Bild 3 ist die Abhängigkeit des Anodenfalls von der Frequenz gezeigt. Deutlich sichtbar ist die starke Verringerung des Anodenfalls ab einer bestimmten kritischen Frequenz. Diese Frequenz hängt wiederum von der ambipolaren Diffusionszeit T_D und damit von Rohrdurchmesser und Druck ab.

Als wesentlich kann die Senkung des Anodenfalls um etwa 10 V in bezug auf die Lichtausbeute der gesamten Lampe gewertet werden. Die relative Steigerung hängt dabei entscheidend vom Verhältnis Säulenleistung/Anodenleistung ab und ist somit stark von der Lampenlänge bzw. -leistung beeinflußt. Am deutlichsten wird diese Aussage im Bild 2, wenn man die 4-W-Lampe (Säulenlänge 8 cm) mit der 13-W-Lampe (Säulenlänge 42 cm) vergleicht. Dabei sollte beachtet werden, daß die absolute Lichtausbeute der 13-W-Lampe stets um einiges höher als die der 4-W-Lampe ist.

In der Katodenphase wirkt die Elektrode als Elektronenemitter. Die Emission erfolgt vorwiegend thermisch, wobei das aufgebrachte Emittermaterial die Austrittsarbeit der Oberfläche auf etwa 1,5 eV senkt. Das Vorhandensein von Emittermaterial ist demzufolge eine entscheidende Voraussetzung für die Funktion der Lampe und begrenzt auch in starkem Maße ihre Lebensdauer. Während des Betriebes der Leuchtstofflampe verdampft der Emitter vorwiegend im sogenannten Brennfleck, einem eng begrenzten Gebiet hoher Temperatur auf der Wendel, über das auch die gesamte Elektronenemission vonstatten geht. Dieser Brennfleck, der ein charakteristisches Merkmal von Entladungslampen ist, hat bei Leuchtstofflampen die typische Temperatur von etwa 1200 bis 1400 K und Stromdichten von 10 bis 50 A/cm². Da die Verdampfung des Emitters exponentiell von der Temperatur des Brennflecks abhängt, besteht das Hauptproblem des Elektrodenentwicklers in der Erzielung möglichst niedriger Werte.

Beim Betrieb mit höheren Frequenzen als 50 Hz kann durchaus nicht davon ausgegangen werden, daß die Brennflecktemperatur und damit die Lebensdauer unabhängig von der Frequenz sind. So sind aus der Literatur Lebensdauermessungen bekannt [3], mit dem erstaunlichen Ergebnis: Die Lebensdauer sinkt mit steigender Frequenz und ist zumindest im ununterbrochenen Betrieb geringer als beim üblichen Netzbetrieb.

In letzter Zeit wurden Brennflecktemperaturmessungen bekannt [4] [5], die dieses Ergebnis unterstützen. Im Bild 4 ist die Frequenzabhängigkeit der Temperatur gezeigt: Die Temperatur des Brennflecks steigt um etwa 30 bis 90 K über den 50-Hz-Wert. Wichtig ist anzumerken, daß der stärkste Anstieg in dem Frequenzbereich vonstatten geht, in dem der Anodenfall am steilsten abfällt. Da bei weiterer Frequenzerhöhung der Anodenfall konstant bleibt, die Brennflecktemperatur jedoch weiter steigt, müssen für die Erklärung dieses Effekts andere Ursachen verantwortlich sein, über die jedoch bisher nur Vermutungen bestehen [4].

3. Schlußfolgerungen für die Entwicklung elektronischer Vorschaltgeräte

Aus den Meßergebnissen zum höherfrequenten Betrieb von Leuchtstofflampen kleiner Leistung lassen sich einige allgemeine Anforderungen an elektronische Vorschaltgeräte formulieren, um maximale Wirkungsgrade bzw. maximale Lebensdauer zu erzielen:

1. Leuchtstofflampen sollten möglichst bei Nennstrom betrieben werden, weil dafür die Elektroden ausgelegt sind.
2. Aufgrund der mit der Frequenz steigenden Brennflecktemperatur sollte im Sinne eines schonenden Betriebs der Elektroden die Betriebsfrequenz nicht zu hoch gewählt werden. Zu beachten sind auch die Oberwellen, die z. B. bei rechteckförmigem Lampenstrom auftreten.
3. Der günstigste Frequenzbereich für den Betrieb hängt vom Rohrdurchmesser der Lampe ab. Dieser Frequenzbereich liegt um so höher, je geringer der Rohrdurchmesser ist. Für stabförmige Leuchtstofflampen kleiner Leistung (4 bis 13 W) mit einem Rohrinnendurchmesser von 14 mm scheinen 27 bis 30 kHz günstig, für Doppelrohr- und andere Lampen mit einem Rohrinnendurchmesser von 10 mm ist der Frequenzbereich von 35 bis 45 kHz als günstig anzusehen.
4. Um eine maximale Lebensdauer der Lampe zu erreichen, ist für einen schonenden Start zu sorgen, d.h., es muß eine Vorheizung gewährleistet sein, die eine Elektrodentemperatur von mindestens 800 K im Zündmoment garantiert.

Literatur

[1] *Sonnenburg, R.; Gündel, H.:* Frequenzverhalten von Leuchtstofflampen. ELEKTRIE, Berlin 43 (1989) 1, S. 8–10

[2] *Koedam, M.; Verwej, W.:* The influence of supply frequency on the luminous efficiency of fluorescent lamps. Proc. of the 7th. Int. Conf. on Phenomena In Ionized Gases, Vol. 3, S. 392ff. Beograd 1965

[3] *Mikulenis, A. A.:* Ekspluationye parametry lamp tipa LCHB40 pri vysokocastotnom pitanii. Svetotechnika (1984) 11, S. 20ff.

[4] *Claus, H.:* Beitrag zum Elektrodenverhalten beim höherfrequenten Betrieb von Leuchtstofflampen. Dissertation. TH Ilmenau 1987

[5] *Miedth, P.:* Brennflecktemperaturmessungen an tonfrequent betriebenen Leuchtstofflampen. Diplomarbeit. Humbolt Universität zu Berlin, Sektion Physik 1988

EA 5968

Vorstellung einer neuen Generation Kombinationsleuchten

E. Zausch; D. Eßbach; Brand-Erbisdorf

Seit Beginn dieses Jahres fertigt der VEB NARVA „Rosa Luxemburg", Leuchten- und Leuchtstofflampenwerk Brand-Erbisdorf als Ablösetyp der bisherigen Kombinationsleuchte AB-TGL 22852, Bl. 2 die Kombinationsleuchte RB TGL 22852, Bl. 17 (Tafel 1). Mit diesem Leuchtentyp wurde im Herstellerbetrieb eine neue teilautomatisierte Fertigung wirksam. Schraubarbeitsgänge wurden z.T. durch Nietarbeitsgänge ersetzt, mechanisierte Prüftechnologie kommt zur Anwendung, und die Kabelbaumarretierung wurde mechanisiert.

Ab Januar 1989 wird die Kombinationsleuchte RB im Sortiment 1×18 W, 2×18 W, 1×40 W, 2×40 W, 1×65 W, 2×65 W produziert. Sämtliche Typen werden einzelkompensiert angeboten. In der Ausführung für Lichtbandanordnung RBB sind die Leuchten für Gruppen- oder Zentralkompensation vorgesehen und werden unkompensiert geliefert. In dieser Ausführung sind die Leuchten mit einer Keramikflachklemmleiste 4×4 mm² für die Durchgangsverdrahtung ausgestattet.

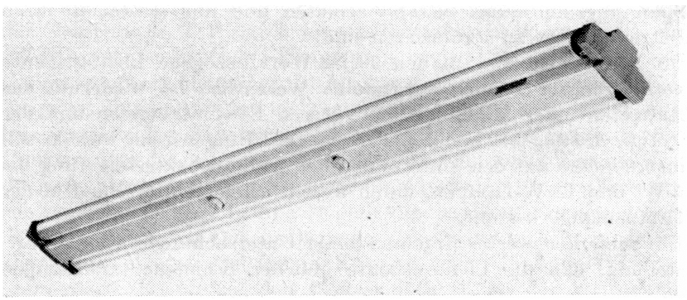
Technische Parameter

Schutzklasse	I
Schutzgrad	IP 20
Brandgefährdungsgrad	BG 3
zulässige Umgebungstemperatur	ta 40
Einsatzklasse	— 5/+ 55/+ 40/65/100—1

Typenübersicht

Für die Kombinatsleuchte RB wird das in Tafel 2 gezeigte Lichtlenk-Leit- und Blendenschutzzubehör angeboten.

Zur Deckenbefestigung an Decken aus brennbarem Material oder zur Lichtbandanordnung der Leuchte RBB wird ein Leuchtenaufhänger als Zubehör angeboten. Ebenfalls für die Lichtbandanordnung dient der im Zubehörsortiment befindliche Schienenverbinder.



Eberhard Zausch ist Leiter der Leuchtenentwicklung und -technologie; Dipl.-Ing. *Dieter Eßbach* ist Mitarbeiter im Bereich Entwicklung und Technologie im VEB NARVA „Rosa Luxemburg", Leuchten- und Leuchtstofflampenwerk Brand-Erbisdorf.

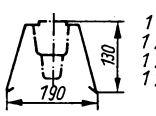
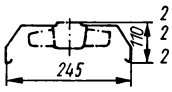
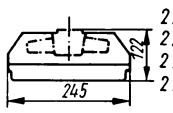
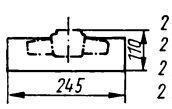
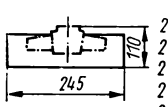
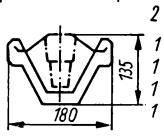
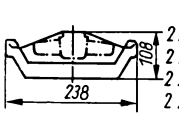
Anwendungsbeispiele

Die Leuchten können direkt an die Decke (bei nicht brennbaren Decken), mit Aufhängern an die Decke (bei Deckenhaken oder Decken aus brennbarem Material), mit Seil, Kette, Gurtband oder Leuchtenrohr aufgehängt werden.

Tafel 1

Kenn-Nr.	Leuchtentyp	Länge l mm	Abstand e mm	Masse kg	Leuchtenwirkungsgrad	Bemerkungen
5112-0862-08	RBA 1 × 18	618	450	1,3	0,93	Einzelleuchte
5112-0862-16	RBA 2 × 18	618	450	1,4	0,89	
5112-0862-24	RBA 1 × 40	1228	600	1,75	0,93	kompensiert
5112-0862-40	RBA 2 × 40	1228	600	2,45	0,89	freie Leitungsenden
5112-0862-67	RBA 1 × 65	1528	600	2,65	0,93	
5112-0862-83	RBA 2 × 65	1528	600	3,75	0,89	220 V Wechselspannung
5112-0862-32	RBB 1 × 40 uk	1228	600	1,8	0,93	für Drehstromanschluß
5112-0862-59	RBB 2 × 40 uk	1228	600	2,4	0,89	
5112-0862-75	RBB 1 × 65 uk	1528	600	2,6	0,93	mit Flachklemmleiste
5112-0862-91	RBB 2 × 65 uk	1528	600	3,7	0,89	4 × 4 mm² 220/380 V Wechselspannung

Tafel 2

Bild	Bestückung Leuchtstofflampen nach TGL 8624/02	Lichtverteiler Benennung und Kurzzeichen	Ausführung	Lichttechnische Klassifikation nach TGL 20805/02	Leuchtenwirkungsgrad
	1 x LS 36 1 x LS 40-1 1 x LS 40-2 1 x LS 65-1	Reflektor RR	ohne Blendschutz	A 50	0,72
				A 40	0,62
	2 x LS 36 2 x LS 40-1 2 x LS 40-2				
	2 x LS 36 2 x LS 40-1 2 x LS 40-2 2 x LS 65-1	Reflektor RRL	mit Lamellenblende	A 50	0,54
	2 x LS 18 2 x LS 36 2 x LS 40-1 2 x LS 40-2	Kastenblende RKG	mit Glasscheibe		
	2 x LS 18 2 x LS 36 2 x LS 40-1 2 x LS 40-2 2 x LS 65-1	Kastenblende	mit Raster	C 43	0,77
	1 x LS 36 1 x LS 40-1 1 x LS 40-2 1 x LS 65-1	Lamellenblende RL		C 61	0,83
				C 42	0,84
	2 x LS 36 2 x LS 40-1 2 x LS 40-2 2 x LS 65-1				

Bezeichnung eines Lichtverteilers Reflektor mit Lamellenblende (Reflektor RRL), für Kombinationsleuchte mit 2 Leuchtstofflampen 36 bis 40 W (2 × 40)

Reflektor RRL 2 × 40 TGL 22852

EA 5978

Anwendung mathematischer Methoden in Forschung und Technologie der Leuchtstofflampenherstellung

Ursula Walther; Brand-Erbisdorf

Im Laufe des letzten Jahrzehnts hat sich ein starker Wandel der in Erzeugnis- und Technologieentwicklung angewandten Arbeitsmethoden vollzogen. Viele Probleme, die vordem mehr oder weniger empirisch gelöst wurden, werden nun mit Hilfe mathematischer Methoden formuliert, modelliert und bearbeitet. Voraussetzung dafür war die Entwicklung und der Einsatz von Rechentechnik, angefangen beim Taschenrechner über die Tischrechnerfamilie K1000 bis hin zu grafikfähigen 8- und 16-bit-Mikrorechnerfamilien.

In einer Massenfertigung wie der Leuchtstofflampenproduktion sind Methoden der mathematischen Statistik Grundlage jeder Entwicklungsarbeit, da anhand eines Einzelerzeugnisses keinerlei gesicherte Qualitätsaussagen getroffen werden können. Deshalb gehören zur ständigen Arbeitsmethodik eines jeden Mitarbeiters die Berechnung statistischer Kenngrößen, varianzanalytische Verfahren und statistische Tests sowie Korrelations- und Regressionsanalysen [1] [2].

Aus der Kenntnis der Fertigungstoleranzen für die Hauptkenngrößen der Leuchtstofflampe, wie Lichtstrom und Lebensdauer, können über die Ermittlung von Konfidenzintervallen diese Parameter so dimensioniert werden, daß Prüfposten auch in ungünstigsten Fällen die in der TGL 8624 festgelegten Kennwerte noch erfüllen. Das gilt insbesondere für Neu- und Weiterentwicklungen.

Mit Erfolg werden seit langem die Methoden der statistischen Versuchsplanung angewendet [3]. Gegenüber herkömmlichen Regressionsanalysen bieten diese Verfahren den Vorteil, daß neben der Modellgewinnung gleichzeitig statistische Aussagen über die Gültigkeit der ermittelten Koeffizienten sowie über die Güte der Modelle gewonnen werden und außerdem der Auswertungsaufwand erheblich reduziert wird. Angewendet werden sowohl lineare Faktorenpläne, die in erster Linie der Eliminierung nichtsignifikanter Einflüsse dienen als auch nichtlineare zentrale zusammengesetzte Pläne. Zur Anwendung kommen derartige Methoden bei der Optimierung von Leuchtstofflampenparametern, wie z. B. Druck und Zusammensetzung des Füllgases in der Leuchtstofflampe, Materialmengen und -zusammensetzungen des Emitters auf der Leuchtstofflampenelektrode oder auch technologischen Parametern, wie z. B. Ausheiztemperaturen, Stromstärken und Zeitabläufe bei der Formierung von Leuchtstofflampenelektronen, Trocknungstemperaturen und -zeiten der Leuchtstoffschicht im Hinblick auf Lichtstrom und Lebensdauer sowie weitere Qualitätsparameter der Leuchtstofflampe.

Ausreichend ist dabei meist die Lokalisierung des Optimalgebietes und die Einschätzung der Empfindlichkeit gegenüber Abweichungen vom Optimum. Beides wird bereits aus einfachen pseudografischen Darstellungen der Optimalgebiete sichtbar. Als Beispiel soll dazu die Untersuchung der UV-Ausbeute einer Leuchtstofflampe in Abhängigkeit vom Druck des Füllgases und vom Lampenstrom dienen. Benutzt wurde dabei ein zentraler zusammengesetzter orthogonaler Versuchsplan mit 2 Einflußgrößen. Die Auswertung des Versuchsplanes liefert folgendes Modell:

$$UV = 62{,}8 + 0{,}7 \cdot X1 - 2{,}6 \cdot X1^2 - 1{,}2 \cdot X2^2.$$

$X1$ stellt dabei den Fülldruck und $X2$ den Lampenstrom in normierten Werten dar. Im Modell wurden die nichtsignifikanten Einflüsse bereits eliminiert. Bild 1 zeigt solch eine einfache Pseudografik, die sich aus dem genannten Modell ergibt. Für die Lokalisierung des Optimalbereichs ist diese Art der Darstellung auch hinreichend genau.

Sehr aufwendig ist die Ermittlung der Lebensdauer einer Leuchtstofflampe, da bei einer mittleren Lebensdauer von 7000 bis 12000 h, je nach Lampentyp, exakte Aussagen über Ausfälle der Lampen erst

Dipl.-Math. *Ursula Walther* ist Mitarbeiterin im Bereich Entwicklung und Technologie im VEB NARVA „Rosa Luxemburg" Brand-Erbisdorf.

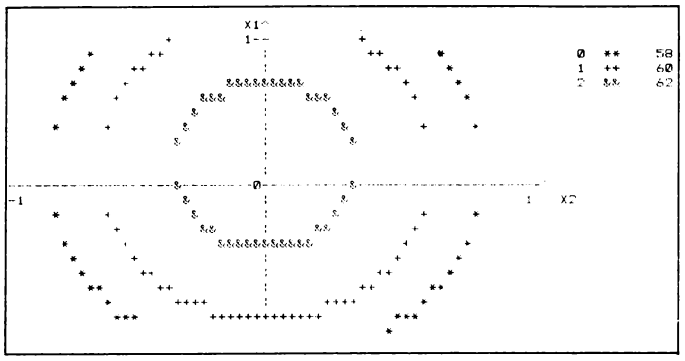


Bild 1. Optimalgebiet der UV-Ausbeute einer Leuchtstofflampe in Abhängigkeit vom Lampenfülldruck und vom Lampenstrom

nach 1,5 bis 2 Jahren getroffen werden können. Deshalb liegt ein wichtiges Problem in der Bereitstellung von Methoden für die Lebensdauervorhersage zu einem früheren Zeitpunkt. So wurden durch Auswertung großer Mengen vorhandenen Datenmaterials über nichtlineare Regressionsverfahren Prognosemodelle für den Verlauf der Lichtstromkennlinie über die Brenndauer und für den Lampenausfallzeitpunkt in Abhängigkeit von Lampenkenngrößen zu früheren Zeitpunkten (Lichtstromverlauf, Abnahme der Emittermasse auf der Leuchtstofflampenelektrode) ermittelt. Hier wird ständig daran gearbeitet, diese Modelle weiter zu verbessern.
Bei der Modellierung und Optimierung technologischer Prozesse und bei der Untersuchung physikalischer Abläufe in der Leuchtstofflampe treten komplizierte Aufgabenstellungen aus den Gebieten der Differential- und Integralrechnung auf. Die Rechentechnik ermöglicht es, derartige Aufgaben mit Standardverfahren der numerischen Mathematik, z.B. Runge-Kutta-Verfahren zur Lösung von Differentialgleichungen oder Fouriertransformationen zur Analyse periodischer Vorgänge, zu lösen [4]. So existieren z.B. komplette Modelle zur Beschreibung des Evakuierungsprozesses der Leuchtstofflampe auf der Pumpmaschine. Damit wird es möglich, die Auswirkungen von Veränderungen im technologischen Regime der Pumpmaschine auf das Erzeugnis vorauszusagen.
Gegenwärtig werden Klassifikationsmethoden für die Lösung der Aufgaben erarbeitet [5] [6] [7]. Erste Zielrichtungen der Arbeit mit derartigen Methoden wie Hauptkomponentenanalyse oder Clusterungsverfahren sind die Verbesserung der Lebensdauerprognose der Leuchtstofflampe. Aus dem zahlreich vorhandenen Datenmaterial abgeschlossener Lebensdaueruntersuchungen soll versucht werden, bestimmte Merkmale herauszufiltern, die bereits zu einem früheren Zeitpunkt Aussagen über eine zu erwartende Lebensdauer ermöglichen. Eingesetzt wurden diese Verfahren auch zur Interpretation der Ergebnisse massenspektrometrischer Messungen.
Die Erfahrung zeigt, daß es notwendig ist, sich ständig mit neuen mathematischen Methoden vertraut zu machen. Oft erwächst daraus eine völlig neue Sicht auf bestehende Probleme. Wichtig ist auch, einen breiten Kreis von Mitarbeitern mit derartigen Verfahren bekannt zu machen, sie zu ihrem „Handwerkszeug" werden zu lassen, denn oft sind es die gleichen Methoden, die auf völlig unterschiedlichen Aufgabengebieten zu neuartigen Lösungen führen.

Literatur

[1] *Storm, R.:* Wahrscheinlichkeitsrechnung, mathematische Statistik und statistische Qualitätskontrolle. Leipzig: VEB Fachbuchverlag 1969
[2] *Sachs, L.:* Statistische Auswertungen. Berlin (West), Heidelberg, New York: Springer-Verlag 1969
[3] *Scheffler, E.:* Einführung in die Praxis der statistischen Versuchsplanung. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1974
[4] *Schröder, K.:* Mathematik für die Praxis. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften 1966
[5] *Steinhausen, D.; Langer, K.:* Clusteranalyse. Berlin (West): De Gruyter, 1977
[6] *Henrion, A.; Henrion, R.; Henrion, S.:* Hauptkomponentenanalyse und Hauptkomponentendisplay als Methode zur multivariaten Datenanalyse. Acta hydrochim. hydrobiol. 15 (1987)
[7] *Lebart, L.; Morineau, A.; Fenelon, J.:* Statistische Datenanalyse. Berlin: Akademie-Verlag 1984

EA 5976

Ultraviolett-Strahler UVS 25-5 und UVS 60-5

R. Kronfoth; Berlin

1. Eigenschaften und Wirkung der UV-Strahlung

Die ultravioletten Strahlen gehören zur elektromagnetischen Strahlung. Das UV erstreckt sich über das Wellenlängenintervall von etwa 5 nm bis 400 nm. Für die UV-Strahlung gelten die gleichen Gesetzmäßigkeiten, wie sie aus dem Gebiet der sichtbaren optischen Strahlung bekannt sind: Brechung, Beugung, Reflexion, Interferenz, Polarisation und Energieübertragung.
Es gibt eine Einteilung der UV-Strahlung in folgende Bereiche:
UV-A = 315 bis 380 nm
UV-B = 280 bis 315 nm
UV-C = 100 bis 280 nm.

Man unterscheidet zwischen physikalischen und chemischen Wirkungen der UV-Strahlung. Als physikalische Wirkungen werden alle Vorgänge bezeichnet, die ohne Veränderung der chemischen Zusammensetzung des absorbierenden Mediums ablaufen. Dabei ist zu unterscheiden zwischen Vorgängen, bei denen die spektrale Zusammensetzung der Strahlung keine Rolle spielt und die Strahlungsenergie vollständig in thermische Energie der absorbierenden Teilchen umgesetzt wird, und wellenlängenspezifischen Vorgängen, bei denen die Energie der Photonen für den Absorptionsprozeß von Bedeutung ist. Beispiele für physikalische Wirkungen der UV-Strahlung sind der Photoeffekt, die Phosphoreszenz und die Fluoreszenz. Den Übergang zu den chemischen Effekten stellt die ionisierende Wirkung der UV-Strahlung dar, bei der jeweils ein Atom ein Photon absorbiert und dessen Energie zur Abtrennung eines Elektrons umsetzt. Die chemische Wirkung der Strahlung beruht auf der Möglichkeit, daß die Energie absorbierter Photonen zur Trennung chemischer Bindungen eingesetzt wird. Der Ablauf der realen chemischen Reaktion, die durch die UV-Strahlung ausgelöst wird, ist durch die gesamte chemische Zusammensetzung der bestrahlten Substanz bestimmt. Die chemischen Wirkungen hängen also in ähnlicher Weise wie die physikalischen Wirkungen von der Wellenlänge der das Medium durchsetzenden Strahlung ab. Dabei ist der Begriff Wirkung zunächst recht unscharf gefaßt und wird im Einzelfall mit Hilfe objektiv meßbarer Größen, z.B. der Anzahl der ablaufenden chemischen Reaktionen oder der Viskosität einer vernetzenden Flüssigkeit oder der Rötung bestrahlten tierischen oder menschlichen Gewebes usw., auf die Strahlungsleistung definierter Wellenlänge bezogen. Die Wellenlängenabhängigkeit dieses Zusammenhangs wird als Wirkungskurve bezeichnet.
Unter anderem existieren spektrale Wirkungskurven (Bild 1) für

— die Direktpigmentierung der menschlichen Haut (1)
— die Erythem-Bildung (2)
— die Bakterientötung (3)
— die Bildung von Vitamin D (4).

Bei Nutzung dieser und weiterer spektraler Wirkungskurven ergibt sich ein sehr breites Feld der Anwendung von UV-Strahlern. Beispielsweise werden sie eingesetzt zur

— Luft- und Wasserentkeimung
— Therapie verschiedener Hauterkrankungen
— Stimulierung des Immunsystems von Patienten
— Bestrahlung von Blut und Plasma außerhalb des Körpers
— beschleunigten Aushärtung von Harzen, Lacken und Klebern
— Analytik
— Behandlung industrieller Abwässer.

2. Erzeugung künstlicher UV-Strahlung

Für die künstliche Erzeugung der UV-Strahlung bieten sich Metalldampf- und Gasentladungslampen. Hier kommen außer Quecksilber als am häufigsten verwendeten Entladungsmedium Entladungen

Dipl.-Phys. *Rainer Kronfoth* ist Gruppenleiter in der Abteilung Entwicklung Sonderentladungslampen des Zentrums für Forschung und Technologie des Kombinates VEB NARVA „Rosa Luxemburg".

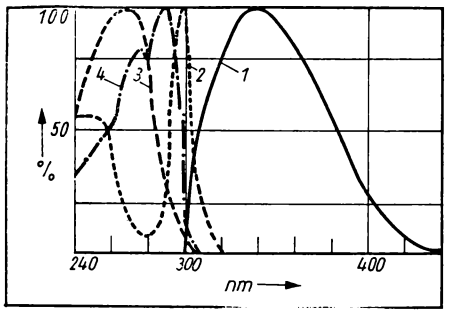


Bild 1. Spektrale Wirkungskurven

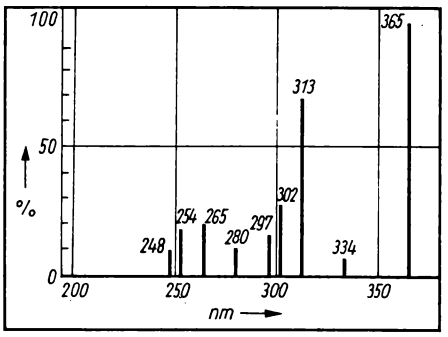


Bild 2. Relative Intensität der stärksten UV-Linien einer Quecksilberhochdruckentladung

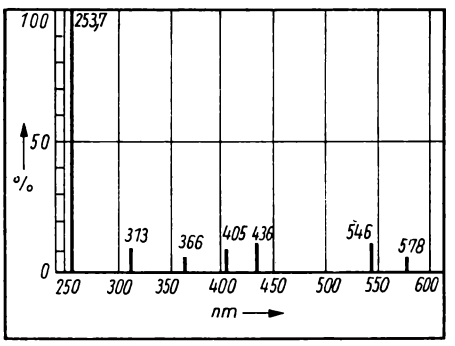


Bild 3. Relative Intensität der stärksten UV-Linien einer Quecksilberniederdruckentladung

mit Zusätzen von Metallen bzw. Metallhalogeniden zum Quecksilber (Mischplasmen), Xenon, Wasserstoff bzw. Deuterium sowie die reinen Dämpfe verschiedener Metalle zum Einsatz. Bei den Quecksilber UV-Strahlern unterscheidet man je nach dem gewählten Betriebsdruck Hoch- und Niederdruckstrahler, die jeweils eine spezifische spektrale Intensitätsverteilung haben. Bei den Quecksilber-Hochdruckstrahlern ist die Liniengruppe um 365 nm (Bild 2) am stärksten ausgeprägt, während bei Quecksilber-Niederdruckstrahlern der überwiegende Teil der UV-Strahlung durch die Resonanzlinie bei 253,7 nm emittiert wird (Bild 3).

3. Spezielle Anwendungsgebiete von UV-C-Strahlern

Zur Wahrung der Qualität von Trinkwasser wird für die mikrobiologische Güte gefordert, daß es frei von pathogenen Bakterien, Viren, Pilzen und Parasiten-Entwicklungsstadien ist. Analoge Forderungen werden für viele Luft- und Flüssigkeitseinheiten in Medizin und Pharmazie, Nahrungsmittelherstellung und -lagerung, in der Klima- und Luftbefeuchtungstechnik u.ä. erhoben. Die Ultraviolett-Bestrahlung hat sich als geeignetes und kostengünstiges Entkeimungsverfahren erwiesen. Der keimtötende Effekt der UV-C-Strahlung bewirkt die Inaktivation der Mikroorganismen, wie Bakterien, Viren, Schimmel, Algen und Hefen. Der Mechanismus für diese Inaktivation ergibt sich aus Schädigungen der Zellstruktur und aus Punktmutationen des genetischen Materials, verursacht durch Absorption der UV-Energie in DNS und RNS, so daß die Reproduktion verhindert wird. Da die Maximalabsorption durch die Nukleinsäuren bei etwa 260 nm stattfindet (Bild 4) sind die Quecksilber-Niederdruckstrahler für diesen Anwendungsfall sehr gut geeignet. Sie stellen wirkungsvolle UV-Strahlungsquellen mit

— hohem Strahlungsfluß im bakteriziden Spektralbereich
— hoher Leistungsdichte
— niedrigen Kosten der erzeugten UV-Energie

dar. In der positiven Säule derartiger Strahler können 65% der verfügbaren Energie bzw. 78% der insgesamt in Strahlung umgesetzten Energie in die bakterizid hochwirksame Hg-Resonanzwellenlänge 253,7 nm transformiert werden. Alle Mikroorganismen enthalten Nukleinsäuren, die sie gegenüber UV-Strahlen empfindlich machen. Die Empfindlichkeit eines Organismus hängt von seinem UV-Durchdringungswiderstand ab, der durch chemische Zusammensetzung, Struktur, Ausmaße und Dicke der Zellmembrane bestimmt ist. Die zur Inaktivation notwendige Zeit ist von der Empfindlichkeit des Organismus, der Wellenlänge, der UV-Intensität und der Bestrahlungszeit abhängig. Das Produkt der UV-Intensität und der Zeit ergibt die Bestrahlungsdosis. Die zur Entkeimung in einer Flüssigkeit erforderliche Dosis wird von verschiedenen Faktoren beeinflußt, wie Klarheit der Flüssigkeit, UV-Absorption und Feststoffkonzentration in der Flüssigkeit, Strömungsgeschwindigkeit, Temperatur der Flüssigkeit und Empfindlichkeit des Mikroorganismus. Spuren bestimmter Stoffe, wie Eisen, verringern die UV-Übertragung in der Flüssigkeit erheblich. Tabellen mit Mittelwerten für tödliche Bestrahlungsdosen können der einschlägigen Fachliteratur entnommen werden.

Ein weiteres Anwendungsgebiet der UV-C-Strahlung steht in engem Zusammenhang mit Umweltschutzfragen. Auf dem Gebiet der industriellen Abwässerbehandlung werden Fotoaktivation und Fotooxydation durch UV-Bestrahlung eingesetzt, um organische (BSB), und giftige oder nicht abbaubare Stoffe (Zyanid, Ferrozyanid, Phenol, PCB-Pestizide, chlorierte organische Verbindungen usw.) zu eliminieren. In diesem Fall wird vor der Bestrahlung der Flüssigkeit ein Oxydationsmittel, wie Wasserstoffperoxid, beigemischt. Das ermöglicht die Oxydation verschiedener Stoffe, wobei nur ungiftige Stoffe erzeugt werden.

Bild 4. Absorptionskurve der Nukleinsäure

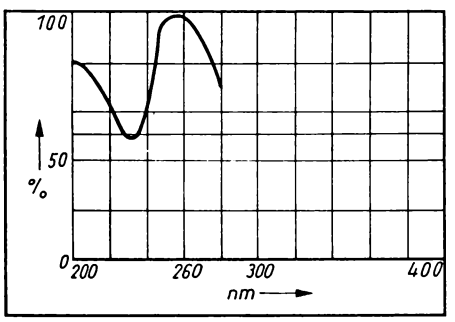
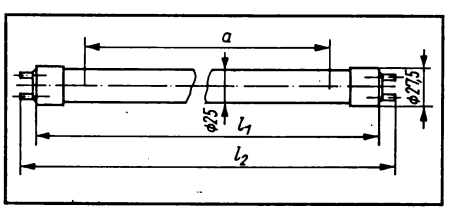


Bild 5. Maßskizze für Entkeimungsstrahler



Tafel 1. Abmessungen entsprechend Bild 5

	l_1	l_2	Elektrodenabstand a
UVS 15-5	250	264	150
UVS 25-5	490	504	405
UVS 60-5	1000	1014	915

Weitere Anwendungsgebiete von UV-C-Strahlern sind:

— Desinfektion von Oberflächen
— Luftdesinfektion
— Wasserdesinfektion in Wäschereinheiten von Klimaanlagen
— Löschung von Halbleiterspeicherbauelementen (EPROM)
— forcierte Prüfung der UV-Beständigkeit von Materialien
— Wellenlängeneichung von speziellen Meßsystemen.

4. Entkeimungsstrahler UVS 25-5 und UVS 60-5

Im Kombinat VEB NARVA „Rosa Luxemburg" werden die Entkeimungsstrahler UVS 25-5 und UVS 60-5 produziert (Bild 5).

In der Entwicklungsphase befindet sich der Strahler UVS 15-5.

Mit den Quecksilber-Niederdruckstrahlern nach Bild 5 und Tafel 1 sind für oben genannte Anwendungsfälle ausreichende Bestrahlungsdosen erreichbar.

Die elektrischen und strahlungstechnischen Daten sind Tafel 2 zu entnehmen.

Die Entkeimungsstrahler können in der für Leuchtstofflampen üblichen Starter-Drossel-Schaltung betrieben werden. Ein Betrieb in Duoschaltung ist für den Strahler UVS 25-5 möglich (Bild 6).

Für spezielle Anwendungen wurden elektronische Vorschaltgeräte entwickelt. Lampenfassungen und Starter entsprechen dem Leuchtstofflampenzubehör. Die Strahler können in ozonbildender oder in ozonfreier Ausführung geliefert werden. Nach dem Aus- und Wiedereinschalten ist eine Sofortzündung möglich; die Brennstellung ist beliebig. Nach dem Einschalten erreichen die Strahler

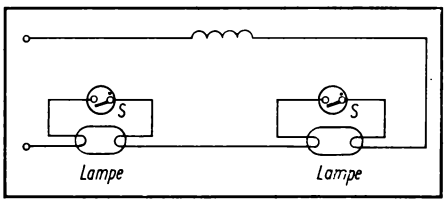


Bild 6. Duoschaltung für 2 × UVS 25-5

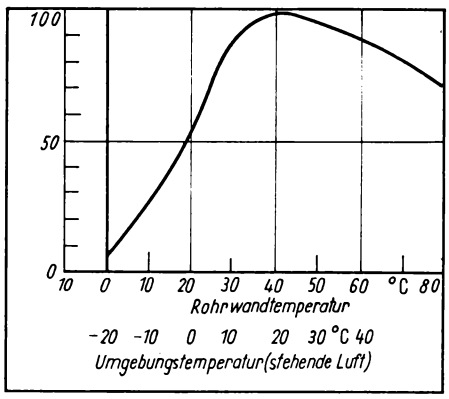


Bild 7. Temperaturabhängigkeit der UV-Leistung bei 253,7 nm

innerhalb von 3 min die strahlungstechnischen Kennwerte. Die Strahler sind in einem breiten Bereich der Umgebungstemperaturen (— 20 °C bis + 60 °C) und über lange Zeiten (größer 8500 h) verwendbar. Im Anwendungsfall ist die Temperaturabhängigkeit der UV-Leistung unbedingt zu beachten. Die Abhängigkeit der UV-Ausbeute von der Rohrwandtemperatur läßt sich an Hand der Tatsache verstehen, daß die Strahler mit einem Überschuß an Quecksilber hergestellt werden, um einen genügenden Hg-Vorrat während der Lebensdauer zu gewährleisten. Der Druck des Quecksilbers im Entladungsgefäß wird dann durch die kälteste Stelle des Entladungsgefäßes bestimmt. Bei niedrigen Hg-Drücken steigt die Ausbeute mit wachsendem Druck an, denn steigender Druck erhöht die Dichte der Hg-Atome, die angeregt werden können. Auf diese Weise wächst die UV-Ausbeute. Bei hohen Hg-Drücken vermindert sich mit steigendem Hg-Druck die wirksame mittlere freie Weglänge des Photons, so daß die Auswirkungen der Selbstabsorption der Resonanzstrahlung größer werden. Dementsprechend muß sich die Ausbeute bei hohen Hg-Drücken mit steigendem Hg-Dampfdruck vermindern. Optimale Entladungsbedingungen werden bei einer Rohrwandtemperatur von etwa 40 °C bzw. bei einer Umgebungstemperatur von etwa 20 °C erreicht (Bild 7).

5. Empfehlung zum Umgang mit UV-Strahlung

Mit zunehmendem Einsatz der UV-Strahlung in Medizin, Wissenschaft und Technik sind Arbeitsrichtlinien für den Umgang mit dieser biologisch effektiven Strahlenart erforderlich. Gerade in den letzten Jahren wurden neue Erkenntnisse über physiologische und pathophysiologische Wirkungen der UV-Strahlung auf den menschlichen Organismus gewonnen.

Die Folgereaktionen der UV-Strahlungseinwirkung, die sich am menschlichen Organismus zeigen, werden unterteilt in

— akute Reaktionen (Hornhautentzündung, Bindehautentzündung, Hautrötung und Bräunung)
— chronische Reaktionen (vorzeitige Hautalterung, Hautkrebs).

Da die Entstehung chronischer Hautveränderungen von einer Reihe unbekannter oder individuell sehr verschiedener Faktoren abhängt, ist die Festlegung von Grenzwerten der UV-Strahlenbelastung zur Verhinderung von Langzeitschäden bisher nicht exakt möglich. Grundsätzlich gilt, daß Maßnahmen zur Ausschaltung akuter Folgereaktionen auch dem Entstehen chronischer Hautschäden vorbeugen. Es ist stets auch die zusätzliche Einwirkung natürlicher UV-Strahlung zu berücksichtigen. Von Bedeutung ist die Tatsache, daß bestimmte Medikamente und andere Substanzen die Empfindlichkeit des Organismus gegenüber UV-Strahlung erhöhen können. Es genügen dann schon geringere UV-Strahlendosen, um entweder bei exponierten Werktätigen fototoxische oder sogar fotoallergische Reaktionen auszulösen. Die Einhaltung der in Tafel 3 angegebenen Grenzwerte der UV-Strahlenbelastung am Arbeitsplatz garantiert in erster Linie die Verhinderung akuter UV-Strahlenwirkungen.

Tafel 2. Elektrische und strahlungstechnische Daten

		UVS 15-5 (Entw.-Muster)	UVS 25-5	UVS 60-5
Nennspannung	V	220	220	220
Lampenspannung	V	35	70	120
Lampenstrom	A	0,46	0,43	0,62
Bestrahlungsstärke	mWm^{-2}	250	700	1800
Lebensdauer	h	8500	8500	8500
Vorschaltgerät		UXG 25	UXG 25	UXG 60
Starter		St 20	St 20	St 65

Tafel 3. Grenzwerte der zulässigen UV-Strahlendosis einer monochromatischen Strahlung am Arbeitsplatz

Wellenlänge nm	Zulässige 8-h-Dosis Jm^{-2}	Bemerkungen
200	1000	
210	400	
220	250	
230	160	
240	60 (100*)	Berechnung auf der Basis der Fotokeratitiskurve
250	60 (70*)	
254	60	
260	46	
270	30	
280	34	
290	47	
300	100	Berechnung auf der Basis der Erythem-Kurve
305	500	
310	2000	
315 – 380	10000	Berechnung auf der Basis der Schwellenwerte der Direktpigmentierung

(in Anlehnung an den Standard des National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH -*) der USA von 1975

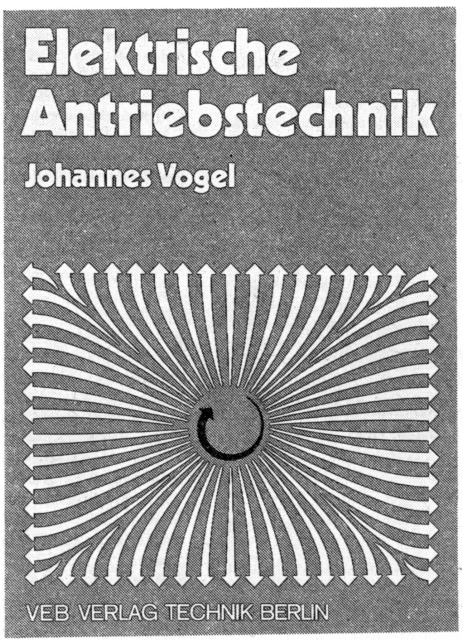
Neben den anlagentechnischen Hilfsmitteln zur Vermeidung der UV-Bestrahlung von Personen können beim Betrieb von UV-Strahlungsquellen Augenschutzvorrichtungen notwendig sein. Als geeignete Schutzgläser kommen z.B. Rose-Gläser in Frage. Der Hautschutz ist vorzugsweise durch strahlungsabsorbierende Bedeckung zu gewährleisten (Tragen von zweckmäßiger Kleidung, Tragen von Arbeitshandschuhen). Die durch UV-C-Strahlung unterhalb von 200 nm erzeugte Ozonkonzentration darf 0,2 mgm^{-3} nicht übersteigen, da Ozon auf die menschliche Schleimhaut als Reizgas wirkt. Bei höheren Konzentrationen wirkt es ermüdend und kann bei schwerer Belastung ähnlich wie Stickoxide zu lebensgefährlichen Zuständen durch Bildung von Lungenödemen führen.

Literatur

[1] Erzeugung, Messung und Anwendung ultravioletter Strahlen In: *Beier, W.*: Fortschritte der experimentellen und theoretischen Biophysik, Bd. 25. Leipzig: VEB Georg-Thieme-Verlag, 1980
[2] Enviromental Health Criteria 14. Ultraviolet Radiation, World Health Organisation, Genf. 1979
[3] Firmenschrift BELGONUCLEAIRE. Wasserreinigung durch UV-Strahlung
[4] Empfehlungen zum Umgang mit UV-Strahlung. In: Information Nr.1/83 der Zentralen Arbeitsgemeinschaft „Technische Arbeitshygiene" der Gesellschaft für Arbeitshygiene und Arbeitsschutz in der DDR
[5] TGL 39482. Elektrische Lichtquellen, Ultraviolett-Strahler für Entkeimung
[6] UV-Strahler. Kombinat VEB NARVA „Rosa Luxemburg", 1984

EA 5974

Jetzt in vierter, stark bearbeiteter Auflage!



Elektrische Antriebstechnik

Von Prof. Dr. sc. techn. Johannes Vogel u.a.
416 Seiten, 303 Bilder, 28 Tafeln, Kunstleder, DDR 25,50 M, Ausland 40,— DM.
Bestellangaben: 553 890 4/Vogel, El. Antriebstechnik

Das Lehrbuch vermittelt Kenntnisse über die Wirkungsweise und das Verhalten elektrischer Antriebe für eine technisch-ökonomisch begründete Auswahl und Dimensionierung. Die einzelnen Abschnitte sind gegliedert in der Reihenfolge Anforderungen aus dem technologischen Prozeß — Bestimmung der Schaltungsstruktur — Auswahl und Dimensionierung der Bauglieder des Leistungs- und Informationsteils. In allen Abschnitten wurden Aktualisierungen entsprechend dem neuesten Stand der Technik vorgenommen, z. B. die leistungselektronischen Stellglieder und die digitale Antriebsregelung betreffend.

AUS DEM INHALT:

Analyse der Stell- und Bewegungsvorgänge Größen des Bewegungsablaufs · Kräfte und Drehmomente · Mechanische Antriebsleistung · Leistungsbedarf ausgewählter Arbeitsmaschinen · Im Antriebssystem gespeicherte kinetische Energie · Elastizitäten und Getriebespiele im Zweimassensystem · Prozeßanalytische Aufbereitung der Antriebsvorgänge

Kennlinienfelder und Stellmöglichkeiten elektrischer Antriebsmaschinen Energiebilanz im Antriebssystem · Gleichstrom-Nebenschlußmaschine (GNM) · Gleichstrom-Reihenschlußmaschine (GRM) · Asynchronmaschine mit Schleifringläufer (AMSL) · Asynchronmaschine mit Kurzschlußläufer (AMKL) · Synchronmaschine mit Schenkelpolläufer (SM) · Einphasen- und Drehstrom-Kommutatormaschinen · Elektromagnetische Kupplungen · Bemerkungen zur Auswahl elektrischer Antriebsmaschinen

Typenleistung und Schutzeinrichtungen elektrischer Maschinen Allgemeine Konstruktionsmerkmale und Maschinendaten · Einflußfaktoren auf die Lebensdauer und Umwelt · Verlustleistungen · Thermische Vorgänge und Betriebsarten · Typenleistungsbestimmung nach dem Einkörpermodell und nach dem Zweikomponentenmodell · Anlasser und Steller · Motorschalter und Motorschutz

Leistungselektronische Stellglieder für elektrische Antriebe Übersicht und Einteilung der Stellglieder · Leistungselektronische Stellglieder für Gleichstromantriebe und für Drehstromantriebe · Netzrückwirkungen von Stromrichtern

Stromrichtergespeiste Gleich- und Drehstromantriebe Stationäres und dynamisches Verhalten stromrichtergespeister Gleichstrom- und Drehstromantriebe · Regelung spezieller Größen des Bewegungsablaufes · Bauglieder zur Informationserfassung und -verarbeitung

Elektrische Kleinantriebe Gleichstrom-Kleinantriebe · Wechselstrom-Reihenschlußantriebe (Universalmotoren) · Asynchrone und synchrone Wechselstrom-Kleinantriebe · Elektronikmotoren · Schrittantriebe

Anhang SI-Einheiten und Umrechnungsbeziehungen · Bestimmung der Anlaufkennlinie und der Anlaufzeit · Bestimmung und Auswertung der Stromortskurve für AMSL · Drehmomentenbeziehungen von Drehstrommaschinen in Raumzeigerdarstellung · Bestimmung von Erwärmungsgrößen elektrischer Maschinen · Kennwerte von Halbleiterbauelementen für Stromrichterstellglieder · Eigenschaften und Kenndaten netzgeführter Stromrichterschaltungen · Laplace-Transformationen · Frequenzgänge zur Beurteilung des Regelkreisverhaltens · Lineare Reglerschaltungen · Nichtlineare Reglerschaltungen und Funktionsgeber · Standards.

Im Fachbuchhandel erhältlich

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

Meßverfahren zur Beurteilung des Verschleißzustandes von Leuchtstofflampenelektroden

G. Ebert; Brand-Erbisdorf

Verwendete Formelzeichen und Symbole

I_h	Stromstärke des Heizstromes
$U(t)$	Wendelspannung zum Zeitpunkt t nach Stromfluß
T	absolute Temperatur
ε	Gesamtstrahlungskoeffizient
σ	Stefan-Boltzmann-Konstante
A	Wärmeleitkoeffizient
O_{eff}	effektive Oberfläche der wärmeabführenden Prozesse
m_w, m_p	Massen von Wolfram, Emitter
c_w, c_p	spez. Wärmekapazität von Wolfram, Emitter

Die Lebensdauer von Leuchtstofflampen wird maßgeblich von den Eigenschaften der Wendelelektrode bestimmt. Insbesondere müssen sie zur Gewährleistung der Funktionstüchtigkeit der Lampe den Entladungsstrom von einigen hundert Milliampere emittieren können. Dazu werden die Wolframwendelelektroden mit einer die Austrittsarbeit vermindernden Substanz benetzt und einer bestimmten optimierbaren Temperatur- und Vakuumbehandlung unterzogen. Derzeit hat sich als Emitter Ba-, Ca-, Sr-Oxid mit einem Zusatz von ZrO_2 durchgesetzt.
Beim Betrieb der Lampen wird dieser Emitter durch thermisches Verdampfen und Zerstäubung infolge Ionenbeschuß abgetragen. Nach Verbrauch des Emitters einer Elektrode ist die Lampe zu keiner energieökonomischen Betriebsweise mehr fähig. Da die Wendelelektrode aufgrund ihrer aufwendigen Herstellungstechnologie mit Abstand den kostenmäßig größten Anteil an den Bestandteilen einer Leuchtstofflampe hat, muß sie bezüglich ihres Einsatzes optimiert sein. Den Prozeß des Verschleißes der Elektrode über die Lebensdauer zu verfolgen, war Ziel für das vorzustellende Maßverfahren.

1. Theorie

Bei der Festlegung des Verfahrens waren folgende Randbedingungen einzuhalten:

— kein Sichtkontakt zur Elektrode
— zerstörungsfrei (ohne Öffnen der Leuchtstofflampe)
— Meßfehler kleiner 15%.

Die Prinzipiösung ist ein kalorimetrisches Verfahren, bei dem aus der Aufheizgeschwindigkeit der Elektrode deren Masse berechnet wird.
Die Energiebilanz hierfür lautet:

$$Q_{zugeführt} = \Delta Q_{innen} + Q_{abgeführt}. \quad (1)$$

Die zugeführte Wärmemenge ist gleich der Summe der abgeführten Wärmemenge und der Änderung der inneren Energie. Die zugeführte Heizleistung wurde durch einen Konstantstrom und Messung der zeitlichen Änderung der Wendelspannung realisiert:

$$Q_{zugeführt} = U(t)\, I_h\, \Delta t. \quad (2)$$

Die wärmeabführenden Prozesse sind Wärmeleitung über das Füllgas und Wärmestrahlung:

$$Q_{abgeführt} = O_{eff}[\varepsilon \cdot \sigma (T^4 - 293^4) + A\,|\overline{T}\,(T - 293)]\,\Delta t. \quad (3)$$

Die mittlere Temperatur an der Elektrode ergibt sich aus der Temperaturabhängigkeit des spezifischen elektrischen Widerstandes von Wolfram.
Die Änderung der inneren Energie

$$\Delta Q_{innen} = (m_w c_w + m_p c_p)\, dT/dt\, \Delta t \quad (4)$$

ist der eigentlich masseabhängige Teil der Bilanzgleichung.
Aus (2), (3) und (4) erhält man durch Einsetzen in (1) die Differentialgleichung zur Bestimmung der Emittermasse:

Dipl.-Phys. *Gerd Ebert* ist Mitarbeiter im Bereich Entwicklung und Technologie im Kombinat VEB NARVA „Rosa Luxemburg" Brand-Erbisdorf.

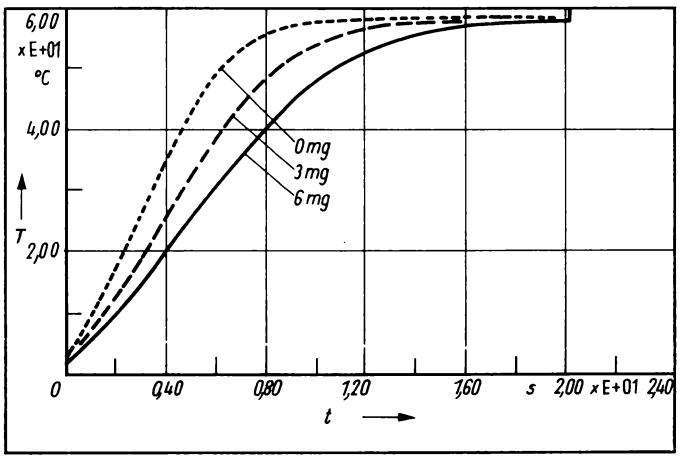


Bild 1. Aufheizkurve der Doppelwendel LD18/3 der Stablampe LS18 bei I_h = 200 mA; Parameter ist die Emittermasse

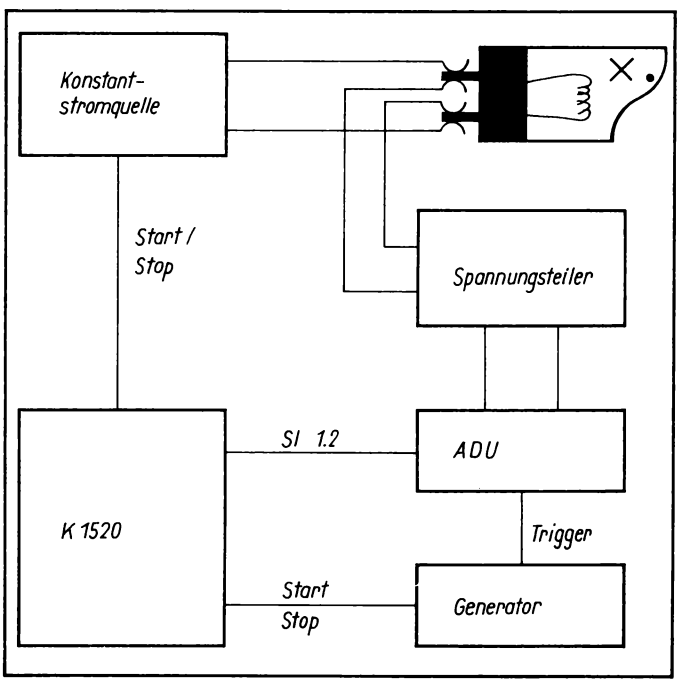


Bild 2. Blockschaltbild des Meßaufbaus

$$m_p = U(t)\, I_h - O_{eff}[\varepsilon\, \sigma\, (T^4 - 293^4) + A\,|\overline{T}\,(T - 293)]$$
$$dt/dT = m_w\, c_w/c_p.$$

Im Bild 1 sind theoretische Aufheizkurven bei I_h = 200 mA für die Doppelwendel der Stablampe LS18 grafisch dargestellt. Deutlich sind die unterschiedlichen Aufheizgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Emittermasse zu erkennen.

2. Meßaufbau

Bild 2 zeigt das Blockschaltbild des Meßaufbaus. Der Heizstrom und der Generator werden von einem K1520-OEM-Rechner gestartet. Die Meßwertübernahme vom ADU (VEB Robotron „Otto Schön" Dresden, Typ 52004) erfolgt über die Schnittstelle SI 1.2. Störende Übergangswiderstände an den Stiften der Lampensockel machten Spezialfassungen mit Potentialklemmen erforderlich. Ein logarithmischer Spannungsteiler sorgt für eine optimale Ausnutzung des Meßbereiches des ADU von 1,999 V.

3. Auswertung und Ergebnisse

Das Programm zur Meßwertübernahme, -verarbeitung und -speicherung der Ergebnisse ist in Pascal geschrieben. Fehler in der Messung oder Datenübernahme werden erkannt.
Als Ergebnisse werden der Kaltwiderstand, die Emittermasse, die Temperatur der Wendel im thermischen Gleichgewicht und die effektive Oberfläche ausgegeben. Die Werte können wahlweise auf Diskette gespeichert werden.
Für den Heizstrom ergab sich eine erforderliche Konstanz von kleiner 1 mA. Aus diesem Grund wird er vor jeder Messung durch den Rechner überprüft.

Umweltbeeinflussung durch komplexes technologisches Denken

G. Schwalowsky, KDT, Berlin

Die zunehmende Technisierung ist ein unverzichtbares Element der derzeitigen Zivilisation. Sie ist Voraussetzung für die Nutzung der natürlichen Ressourcen und greift immer stärker in den Lebensraum der Menschen ein. Die diesem Prozeß innewohnenden Chancen und Gefahren müssen erkannt und richtig eingeschätzt werden, damit Wissenschaft und Technik ausschließlich dem Wohle der Menschen dienen.

Für das Kombinat VEB NARVA „Rosa Luxemburg" ist zur Realisierung des „Staatsauftrages zur Entwicklung und rationellen Fertigung neuer energiesparender Lichtquellen" die Durchsetzung abproduktarmer bzw. -freier Technologien von großer Bedeutung. Hierbei bedarf es u.a. der objektiven Einschätzung der von diesen rationellen Fertigungstechnologien ausgehenden Umweltbelastungen, wobei nachfolgend die allgemeinen stofflichen Effekte betrachtet werden.

1. Ausgangspunkt Materialbilanz

Von den weltweit in der Industrie eingesetzten Rohstoffen werden nach [1] nur etwa 3% genutzt, 97% werden in verschiedenartigste Abfälle umgewandelt. Für die DDR kann eingeschätzt werden, daß etwa 50% der nutzbaren Substanz eingesetzter primärer Rohstoffe als Abfälle anfallen [2].

Bei der Lichtquellenfertigung liegt die Materialausbeute insgesamt relativ hoch. So gehen in Abhängigkeit von Lampenart und Lampentyp z.B. nachfolgende Materialanteile der eingesetzten Lampenkolben direkt in das Erzeugnis ein:

— Zweck- und Zierformlampen	etwa 55%
— Allgebrauchslampen	etwa 70%
— Infrarotstrahler und Hochdrucklampen	etwa 88%
— Leuchtstofflampen mit vorgeformten Kolben	100%.

Die abgeschmolzenen Kappen werden der Glasindustrie wieder zugeführt.

Die im Produktionsprozeß darüber hinaus entstehenden Abfälle sind technologisch bedingt und widerspiegeln den jeweiligen Entwicklungsstand des komplexen technologischen Prozesses. Sie belasten als Gase oder Stäube die Atmosphäre, in gelöster Form das Abwasser, und als feste bzw. quasifeste Abfälle werden sie Deponien zugeführt, sofern keine volkswirtschaftliche Wiederverwendung möglich ist. Die ökonomischen Strategien zum Aufbau von Produktions- und Fertigungsprozessen orientieren grundsätzlich auf steigenden Produktionszuwachs bei sinkendem Produktionsverbrauch [3] und leisten somit einen wesentlichen Beitrag zur Abfallminderung in den entsprechenden Industriebereichen.

Ing. *Gerhard Schwalowsky* ist Mitarbeiter im Zentrum für Forschung und Technologie des Kombinates VEB NARVA „Rosa Luxemburg" Berlin.

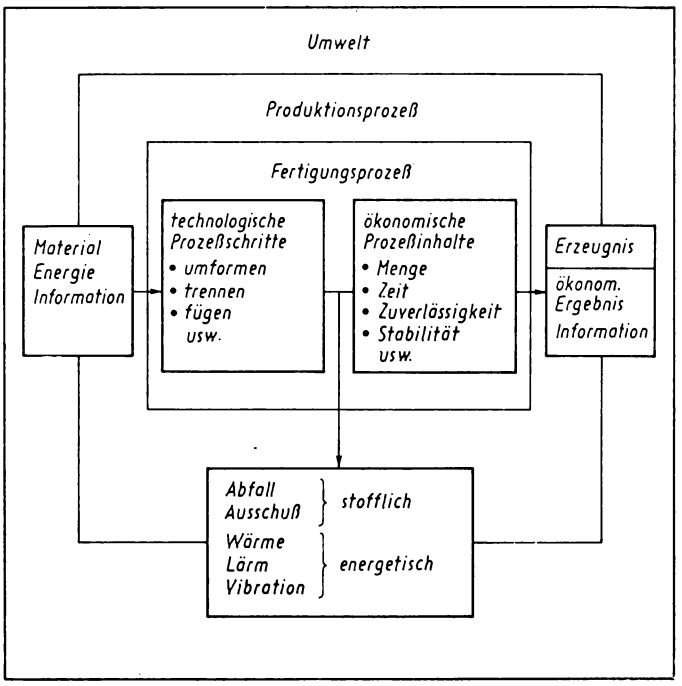


Bild 1. Umweltbeeinflussung durch Produktions-/Fertigungsprozesse

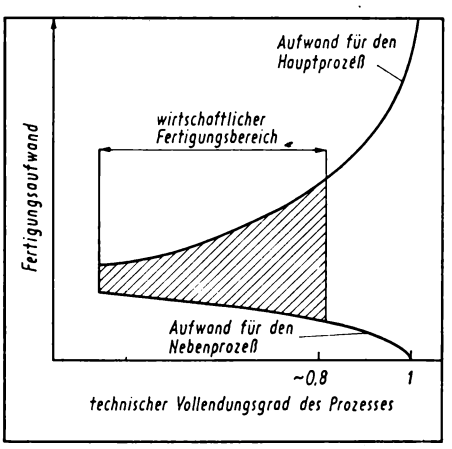


Bild 2. Wirtschaftlicher Bereich eines Fertigungsprozesses

2. Erzeugnisse aus abproduktarmen und -freien Technologien

Aus historischer Sicht war (und ist) ein technologischer Prozeß ökonomisch, wenn bei der Abwägung von Aufwand und Nutzen letzterer — für den Prozeßbetreiber — überwiegt; die volkswirtschaftliche Gesamtkomponente aller Auswirkungen, z.B. die Beseitigung der Abfälle in anderen Wirtschaftszweigen, die Schadwirkung emittierter Abprodukte in der Biosphäre, der Entzug von land- und forstwirtschaftlicher Nutzfläche durch Errichtung von Deponien, wird nicht immer hinreichend berücksichtigt und kann in der Gesamtheit der ökonomischen und ökologischen Auswirkungen oft auch nur verbal be- oder umschrieben werden.

Gerade dieser Wirkmechanismus bedarf zunehmend der komplexen Betrachtung hinsichtlich der Gesamtheit aller Auswirkungen und der Einflußnahme auf die Natur und die Lebensumwelt der Menschen. Es ist deshalb notwendig, die umweltbeeinflussenden Effekte aus technologischen Prozessen genau zu untersuchen und darauf hinzuwirken, daß Umweltbelastungen weitestgehend vermieden werden.

Da die meisten traditionellen Maßnahmen zum Umweltschutz trotz sehr hoher Aufwendungen keine Reduzierung der Abproduktabgabe, sondern oft nur eine Verringerung der schädlichen Auswirkungen zum Ziel haben, müssen als Hauptrichtung abproduktarme oder -freie Technologien angestrebt werden [4].

Es ist das Ziel eines jeden Fertigungsprozesses, Gegenstände mit Gebrauchswert und bestimmten Qualitätsparametern bei möglichst geringem Aufwand an vergegenständlichter und lebendiger Arbeit und bei optimalen Arbeitsbedingungen zu schaffen [5]. Den dabei gleichzeitig erzeugten Produktionsabfällen wird häufig nicht die gleiche Aufmerksamkeit zuteil, da diese — bedingt durch die Organisationsstruktur des Gesamtprozesses — aus dem Fertigungsbereich entfernt und in andere Teilprozesse (z.B. TUL) eingeordnet

---

Die Reproduzierbarkeit beträgt 0,15 mg. Das sind 3 bis 4% einer nicht gealterten Elektrode.

Ein Vergleich mit dem zerstörenden Verfahren der Differenzwägung von bepasteter und unbepasteter Elektrode ergab Abweichungen von maximal 0,5 mg und weist die gute Eignung des neuen Meßverfahrens aus.

Die in einer ASCII-Datei abgelegten Werte können mit den Programmsystemen DBASE oder ABSTAT weiterverarbeitet werden. Erste Korrelationen zwischen dem Abfall der Emittermasse während der Brenndauer und dem Funktionsausfall der Lampe geben Optimismus für ein mögliches Prognoseverfahren für die Lebensdauer der Elektroden nach etwa 30% der Nennlebensdauer. Das bedeutet Erkenntnisgewinn nach bereits 3600 h bzw. 6 Monaten statt 12000 h bzw. 20 Monaten.

EA 5977

CIGRÉ – 32. Session (Fortsetzung)

In ELEKTRIE 12/88 wurden umfassende Berichte von der 32. Session der CIGRE — Paris 1988 — veröffentlicht. Mit den nachstehenden und in den nächsten Heften folgenden Beiträgen berichten die Teilnehmer aus der DDR von weiteren Fachdiskussionen. Näheres über die Aufgaben, Ziele und die Struktur der CIGRE können Sie im Heft 3/85 auf der Seite 85 nachlesen.

Die Redaktion

SC 14: Hochspannungs-Gleichstromübertragung (HVDC-Übertragung)

Berichterstatter: Dr.-Ing. *M. Dietrich*

Folgende Schwerpunkte waren sowohl Gegenstand der Diskussion als auch der 14 eingereichten Beiträge:

- Aufbau und Inbetriebnahme von HVDC-Systemen insbesondere im Hinblick auf Multi-Terminal-Systeme, Steuer- und Schutzkonzepte sowie Anforderungen und Prüfprozeduren für Thyristoren und Gleichrichter
- Planung zukünftiger HVDC-Übertragungen
- Betriebserfahrungen, Fehleranalysen und Verhalten bei transienten Beanspruchungen
- Wechselwirkungen zwischen Kurzkupplung und Übertragungsnetz.

Die Anzahl der HVDC-Systeme ist sprunghaft angewachsen. Existierten 1986 erst 4 solcher Übertragungen, so werden es 1990 etwa 50 Systeme sein. Der Einsatz der HVDC-Übertragung gewinnt auch als Kurzkupplung über Ländergrenzen weiter an Bedeutung. Für sehr hohe Übertragungsleistungen (mehrere 1000 MW) über sehr große Entfernungen (mehrere 1000 km) wird das ökonomische Optimum erst bei relativ hohen Übertragungsspannungen von etwa $\pm$ 750 kV erreicht. Stellt man die Kosten für ein solches System als Funktion der Übertragungsspannung dar, so ist dieses Kostenminimum jedoch relativ schwach ausgeprägt.

Prinzipiell wird eingeschätzt, daß der derzeitige Kenntnisstand und die Voraussetzung in der Geräteindustrie ausreichend sind, um Übertragungen bis $\pm$ 800 kV aufzubauen.

Zur Erhöhung der Zuverlässigkeit der Übertragungssysteme wurden spezielle Prüfprozeduren für Thyristoren und Gleichrichter vorgestellt. Die Einführung von Multi-Terminal-Systemen (HVDC-Netze) erfordern qualitativ neue Methoden der Inbetriebnahme und Betriebsführung, die diskutiert wurden.

Im Hinblick auf Betriebserfahrungen und Fehleranalysen wurden insbesondere Fragen der Rückwirkungen auf die angeschlossenen Wechselspannungsnetze, sowie der Zuverlässigkeit der Kontrollsysteme im Havariefall diskutiert.

EA 2927

SC 23: Umspannstationen

Berichterstatter: Dipl.-Ing. *P. Stoecklein*; Dr.-Ing. *J. Schwarz*

Die Sitzung wurde von *T. Ykema* (Niederlande) geleitet; der Berichterstatter war *F. Scherer* (Schweiz).

Im Mittelpunkt der 3 Vorzugsthemen und den von *F. Scherer* im Sonderbericht 23-00 formulierten 18 Diskussionsfragen standen nicht konstruktive Probleme oder neue Anlagenkonzepte für Betriebsmittel oder UW, sondern spezielle Fragen der Zuverlässigkeit, der Betriebsführung und der Analyse optimaler Bedingungen für die Betreiber, insbesondere von GIS. 16 Berichte, die sich auf die Vorzugsthemen beziehen, wurden eingereicht.

1. Messung, Steuerung, Überwachung und Hilfsenergieversorgung in Umspannwerken und Kraftwerken, Zuverlässigkeit, Anlagenkonzepte und Technologien

— Der technische Entwicklungsstand von Diagnose- und Fehlerortungsverfahren für GIS führt von Off-line- zu On-line-Diagnosesystemen (Siemens und Sprecher-Energie verkaufen ihre konventionellen GIS-Überwachungseinrichtungen diesem Trend entgegenstehend als Diagnostiksysteme). Folgende Diagnoseverfahren kommen für GIS neben den bereits bekannten konventionellen Lösungen bereits zum Einsatz (Japan, BRD):

• Diagnose des inneren Isolationszustandes durch elektrische und akustische Teilentladungsmessung

---

werden. Probleme, die hierdurch für die ordnungsgemäße Lagerung, den Transport zu Erfassungs- oder Aufbereitungseinrichtungen usw. entstehen, sowie die Aufwendungen für die schadlose Beseitigung oder Deponie, sind den Fertigungsbereichen nur teilweise bekannt und werden oft nicht als immanenter Bestandteil der Fertigung angesehen (Bild 1). Bei der Entwicklung neuer Erzeugnisse steht hauptsächlich das gewünschte Endprodukt im Mittelpunkt der Überlegungen und „technologisch bedingte Verluste" werden als „naturgesetzlich" oder „verfahrensspezifisch" hingenommen.

Zur Schaffung abproduktarmer/-freier Fertigungsprozesse ist deshalb die Betrachtung der Gesamtbilanz für Material und Energie — auch über die betrieblichen Systemgrenzen hinaus — von großer Bedeutung, wobei die im Produktionsprozeß enthaltenen Fertigungshaupt- und Nebenprozesse als Einheit zu behandeln sind.

3. Kriterien für Abprodukte

Bei der qualitativen Betrachtung der Materialbilanz ist auffällig, daß für die eingehenden Materialien und das Erzeugnis prozeßspezifische Gütekriterien streng beachtet werden, daß dem Prozeßbetreiber derartige Kriterien für die Abprodukte aber nicht zwingend vorgegeben sind. Deshalb sollten Abprodukte den Fertigungsprozeß nur dann verlassen dürfen, wenn sie festgelegten Kriterien für Qualität und Stabilität entsprechen und wenn diese Parameter den volkswirtschaftlichen Wiedereinsatz ermöglichen.

Daraus resultiert, erzeugnisbezogene Reparatur- und Aufbereitungsprozesse in den Fertigungsprozeß so einzubeziehen, daß nur determinierte — und entsprechend kontrollierte — Abprodukte als Sekundärrohstoffe entstehen. Inwieweit dabei der Hauptprozeß durch Nebenprozesse zu erweitern ist, wird jeweils von den technologischen und ökonomischen Besonderheiten bestimmt. Das Ziel, den Hauptprozeß — bezogen auf das Erzeugnis — mit 100%igem Vollendungsgrad auszustatten, ist aufwendig und teuer; geht jedoch die Prozeßstabilität verloren, so werden Reparatur- und Aufbereitungsprozesse in unvertretbarer Weise dominant (Bild 2).

Es muß somit das Ziel einer guten technologischen Konzeption sein, den Fertigungsprozeß weitgehend abproduktfrei zu gestalten (Vermeidungstechnologie) und die Aufbereitung unvermeidbarer Abprodukte zu Sekundärrohstoffen in den Prozeß zu integrieren, um dadurch eine wesentliche Entlastung der Umwelt und eine bedeutende Schonung der natürlichen Ressourcen zu erreichen.

Gleichzeitig beeinflußt aber auch das Erzeugnis durch seine Art der Verwendung, Lebensdauer und recyclinggerechte Konstruktion die Umwelt. Deshalb ist auf eine hohe Lebensdauer, geringen Energieverbrauch, geringe Geräuschbelästigung, rückstandslose volkswirtschaftliche Wiedernutzbarmachung von Teilen und Wiedereinsatz des verwendeten Materials zu orientieren.

Darüber hinaus ist das Einfrieren der Verbrauchszunahme sowohl in der Produktions- als auch in der Konsumtionssphäre eine Aufgabe, die zunehmend an Bedeutung gewinnen wird.

Literatur

[1] Intensivierung = intensiver Umweltschutz. URANIA, Berlin (1988) 3

[2] *Garbe, E.; Graichen, D.:* Sekundärrohstoffe, Begriffe — Fakten — Perspektiven. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1985

[3] *Mittag, G.:* Seminar mit den Generaldirektoren. Neues Deutschland, März 1988

[4] *Schubert, M.:* Abproduktarme und abproduktfreie Technologie. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1987

[5] *Müller, G.; Friedrich, L.:* Stabilität und Zuverlässigkeit von Fertigungsprozessen. Berlin: VEB Verlag Technik 1977

EA 5967

• Diagnose des Kontaktwiderstandes durch hochauflösende Infrarot-Thermovisionskameras ($R_A \geqq 100\ \mu\Omega$)
• Messung der Schaltzeiten und der Kontaktgeschwindigkeit
• Erfassung der Anzahl der Schaltspiele und Messung des Schaltstromes
• Messung des Leckstromes in Metall-Oxid-Ableitern
• Fehlerortung durch Messung der Zeitdifferenzen des Druckanstiegs, Fehlerstrom und/oder mechanischer Schwingungen zwischen zwei Meßstellen bzw. deren absolute Größen
• Fehlerortung durch Lichtbogenwächter
• Einsatz elektronischer Gasdichtewächter mit Lichtwellenleiteranschluß.

Die Bereitstellung von hochempfindlichen Sensoren, Mikroprozessoren und Einchipmikrorechnern beschleunigt diese Entwicklung zu einer intelligenten Informationsverarbeitung, beginnend in der Feldebene. Die Kosten für derartige Diagnosesysteme werden mit 10 bis 20% der Gesamtanlagenkosten eingeschätzt. Durch ihren Einsatz reduziert sich der Wartungsaufwand geringfügig, die Wartungsintervalle bleiben im wesentlichen bestehen. Die MTBF kann sich um 5 bis 10% erhöhen. An die Qualität der Erdungsanlage, insbesondere an den Übergangsstellen, werden hohe Anforderungen gestellt.
Das im DDR-Beitrag (Bericht 13-10, THI/TRO) vorgestellte Expertensystem hat sich auch für den Einsatz an SF_6-GIS als ein dem Weltstand entsprechendes Konzept erwiesen.

— Integrierte Leittechnik mit firmengebundenem Systemcharakter, alle Ausrüstungen eines UW erfassend, wird verstärkt an Netzknotenpunkten eingesetzt.

Die Einbindung von Schutzfunktionen erfolgt zeitlich verzögert, infolge einer abwartenden Haltung der Betreiber.
Insgesamt ist ein hohes Entwicklungstempo festzustellen.
Dezentrale Strukturen (verteilte Intelligenz) erhalten den Vorzug. Eine repräsentative Umfrage der CIGRE berichtet über einen Anteil von 30% der UW, ausgerüstet mit rechnergestützter Leittechnik (19 befragte Länder, Spannungsebenen 110 bis 429 kV; Bericht 23-15).
Die Lebensdauer der leittechnischen Ausrüstungen liegt unterhalb der Lebensdauer der Hauptausrüstungen eines UW (Schätzungen: 11 bis 15 Jahre). Es wird ein Einführungszeitraum für leittechnische Systeme von 5 bis 10 Jahren eingeschätzt.
Bestehende Bedenken und Vorbehalte seitens der Betreiber bestehen besonders hinsichtlich der erforderlichen Ausbildung des Personals und Lücken in der Standardisierung.

— Obwohl die Aufgaben der Leittechnik für UW für den Einsatz von Expertensystemen typisch scheinen, wurden (außer Japan und BRD) nur konzeptionelle Ansätze für den Einsatz von Expertensystemen sichtbar (Entwicklungsaufwand in Japan etwa 2 Mill. US-Dollar).

2 Einsatzrichtungen:
• als Bestandteil/Ergänzung des konventionellen Softwaresystems der Softtechnik
• als Beratungssystem für Schulung, Simulation und Wartung.

— Die praktische Verfügbarkeit von optischen Stromwandlern hat sich schneller als bisher vorhersehbar vollzogen. ABB stellte erstmals einen OCT (Optical Current Transformer), bestehend aus dem Meßwandler im HS-Kreis, dem Interface im Schaltraum und dem Lichtwellenleitersystem vor (Bericht 23-09). (Betriebstemperaturbereich — 50 °C bis + 70 °C, Genauigkeit ± 1%, $I_{Nenn} = 4$ bis 640 A bzw. 200 bis 3200 A, Gewicht etwa 20 kp bei 400 kV)

Der Einsatz erfolgte mit positivem Ergebnis in einer 400-kV-Pilotanlage (1985/86) und einer 10-kV-Anlage 1986.
An der Vervollkommnung der konventionellen Bauformen (Öl-Papier-Dielektrikum) mit hohem Qualitätsstand und Zuverlässigkeit wird international ebenso weitergearbeitet wie an der SF_6-Isolierung.

2. Erdungsanlagen in Umspannwerken und Kraftwerken

Effektive Vermeidung unzulässiger Oberspannungen hoher und niedriger Frequenzen in Primäreinrichtungen und Sekundärsystemen

— Neben der Diskussion der Entstehung, Berechnung und Beherrschung von transienten Überspannungen (VFT) speziell in SF_6-Schaltanlagen, Transformatoren bzw. vollständigen Umspannwerken (s. dazu auch Berichte der SC 15 und 33) nahmen die damit verbundenen transienten Erdpotentialanhebungen (TGPR) breiten Raum in der Diskussion ein. Die im DDR-Beitrag (THI/TRO) dargestellte Vorgehensweise zur Entwicklung einer Theorie und Beherrschung der TGPR an SF_6-isolierten Schaltanlagen GSAS 123 kV hat sich dabei absolut bestätigt und bestimmt den Stand der Technik mit.
— Ebenso wie die Entstehung von VFT gilt die Entstehung von TGPR als unvermeidlich im Zusammenhang mit dem Öffnen und Schließen von GIS-Trennern und Erdern, unabhängig vom GIS-Typ. Anlaß der Untersuchungen waren weltweit aufgetretene Zerstörungen in der elektronischen Sekundärtechnik infolge TGPR, Messungen an realen GIS und Labormodellen von GIS unterstützt von Computerberechnungen der TGPR-Verläufe zeigen, daß lediglich eine komplexe Betrachtung der gesamten Erdungsanlage von GIS-Umspannwerken im Zusammenwirken mit besonderer Schirmung der Sekundärtechnik und Einsatz von Überspannungsbegrenzern an Diskontinuitäten der GIS-Kapselung (Isolierflansche, Durchführungen, Kabelendverschlüsse usw.) den Verlauf der TGPR (z.T. Meßwerte im GHz-Bereich) und deren Beherrschung sichern. In verschiedenen Ländern wurden/werden spezielle GIS-Erdungsvorschriften erarbeitet.
— Mit dem Bericht 23-06 liegt ein zusammenfassender Bericht der WG 23-04 zu den weltweiten Aktivitäten und dem erreichten Stand der Technik vor.

3. Erfahrungen bei Prüfung, Errichtung, Inbetriebnahme, Betrieb, Wartung und Instandhaltung von SF_6-GIS

— Als Hauptgründe für den Einsatz von SF_6-GIS gelten heute ihr entscheidend geringer Platzbedarf (Bodenpreise) und ihre Umweltunabhängigkeit (Verschmutzung) im Vergleich zu konventionellen Schaltanlagen.
— ABB stellte die erste 800-kV-GIS vor. Betreiberseitig wurden Ausfallstatistiken veröffentlicht. Demnach erreichen japanische GIS auf Grund extrem wirksamer Qualitätssicherungssysteme eine annähernd gleiche Zuverlässigkeit wie konventionelle Freiluftanlagen. Alle übrigen Hersteller erreichen dieses Niveau nicht. Als Hauptfehlerursache gelten TGPR, ortsfeste und freibewegliche Störstellen in der SF_6-Isolierung bzw. auf den Isolierkörpern und mechanische Fehler.
— Die im Fehlerfall entstehenden Betriebsausfälle liegen mit durchschnittlich 10 Tagen 1,36fach höher als bei konventionellen Freiluftanlagen, werden jedoch durch verstärkte Ausführung als Innenraum-GIS, Verzicht auf übermäßige Kompaktheit, Gestaltung vor Ort leicht montierbarer Baugruppen, neue Fehlersuchtechniken und weiterentwickelte Vor-Ort-Prüfmethoden künftig weiter reduziert.
— Die offensichtlich zunehmende Orientierung auf Innenraumanlagen reduziert die weltweit aufgetretenen Probleme an Freiluft-SF_6-GIS (Korrosion, Dichtheit, Verschleiß, Probleme des Temperaturspiels, Verschmutzung, Vereisung, fehlende Krananlagen usw.) erheblich.
— Die Anwendung von modernen Diagnosetechniken ermöglicht die Früherkennung von etwa 50% der auftretenden Fehler (übereinstimmende Einschätzung mehrerer Hersteller) sowie deren Ortung, die MTBF wird offenbar jedoch nur geringfügig verbessert, da die technische Diagnostik die den Einzelerzeugnissen innewohnende hohe Zuverlässigkeit nicht verändern kann.
— Die Vor-Ort-Prüfung von SF_6-GIS erfolgt in der Regel mit elektrischen und akustischen TE-Messungen während einer Konditionierung und/oder Prüfung mit Wechselspannung, der sich zunehmend eine Prüfung mit oszillierenden Blitzspannungen mit Scheitelzeiten $\leqq 15\ \mu s$ anschließt. Zunehmend werden die Auswirkungen eines SF_6-GIS-Durchschlags während der Vor-Ort-Prüfung mit Überspannungsberechnungsprogrammen bereits in der Projektierungsphase insbesondere ausgedehnter SF_6-GIS berücksichtigt, um so die geeignete Prüfspannungshöhe festzulegen. Bei Vor-Ort-Prüfungen werden elektrische TE-Messungen wegen oft nicht vermeidbarer hoher Grundstörpegel als wenig sinnvoll angesehen.
— Zur Behandlung von SF_6 und SF_6-Zersetzungsprodukten wurde eine CIGRE-Weltumfrage der WG 23-03 mit DDR-Beteiligung ausgewertet. Die Ergebnisse werden 1989 in der Electra veröffentlicht.

4. Berichte des SC 23

23-00 *Scherer, F.* (Schweiz)
Sonderbericht für Gruppe 23 (Umspannstationen)
23-01 *Smilovici, S.; Shaw, D. P.* (Südafrika)
Mikroprozessorgestützte dezentrale Steuerungssysteme für große Kohlekraftwerke
23-02 *Dower, G. T.; Spicer, A. C.* (Australien)
Erfahrungen bei der Errichtung, beim Betrieb und der Instandhaltung von SF_6-Schaltanlagen in Umspannwerken Australiens und Neuseelands
23-03 *Dias, S.; Kwong, K.; Hesse, K. E.* (Australien)
Erfahrungen mit der integrierten Nah- und Fernsteuerung von Umspannwerken in Queensland, Australien
23-04 *Schneider, J. M.*, u.a. (USA)
Überwachungssystem der transienten Spannungen an den Blocktransformatoren des Kraftwerkes Rockport (USA)

23-05 *Kawada, H.*, u.a. (Japan)
Diagnostische Verfahren für SF_6-Schaltanlagen – ihre bisherige Entwicklung und Anwendung in Japan und Perspektiven

23-06 *Aanestad, H.*, u.a. Study Committee 23 CIGRE
Erdung im Umspannwerken mit besonderer Berücksichtigung transienter Erdpotentialanstiege. Maßnahmen zur Reduzierung damit verbundener Effekte

23-07 *Wahlström, B.*, u.a. (Schweden)
Erfahrungen der Errichtung, der Prüfung und der Betriebspraxis von SF_6-Schaltanlagen in Schweden

23-08 *Zhang, Weili; Liu Zhigang* (China)
Entwicklung und Anwendung eines thermischen Kontrollverfahrens für Hochspannungsanlagen

23-09 *Ahlgren, L.*, u.a. (Schweden)
Neues optoelektronisches Meßsystem für Ströme in Hochspannungs- und Höchstspannungs-Umspannwerken

23-10 *Buesch, W.*, u.a. (Schweiz)
Dämpfung der transienten Überspannungen in Erdungssystemen von SF_6-Schaltanlagen

23-11 *Fujimoto, N.*, u.a. (Kanada)
Ergebnisse von Untersuchungen zur Verbesserung der Zuverlässigkeit von SF_6-Schaltanlagen

23-12 *Baufai, G.*, u.a. (Ungarn)
Erfahrungen der Errichtung und des Betriebes von SF_6-Schaltanlagen 420 kV in Ungarn

23-13 *Pita de Abrau, A. M. B.*, u.a. (Portugal)
Automatisierung von Umspannwerken in Übertragungs- und Verteilungsnetzen Portugals

23-14 *Gleeson, D. J.*, Study Committee 23.03, CIGRE
Aspekte über Zugänglichkeit von SF_6-Schaltanlagen mit besonderem Bezug auf Wartung, Erweiterung und Reparatur

23-15 *O'Neill, J.; Zomers, A. N.*, Study Committee 23 CIGRE
Integrierte digitale Schutz- und Steuerungssysteme von Umspannwerken. Auswertung einer Umfrage.

23-16 *Cornu-Emieux, R.; Rolland, M.* (Frankreich)
Die Anwendung der Rechentechnik für Aufgaben der Steuerung, des Schutzes und der Messung in einem Umspannwerk 63/20 kV

EA 2937

SC 33: Überspannungen und Isolationskoordination

Berichterstatter: Dr.-Ing. *M. Dietrich*

Grundlage der Diskussion bildeten 15 Berichte. Die Diskussion selbst umfaßte 86 Beiträge, davon 25 in Form von spontaner Diskussion. Die vorgegebenen 3 Schwerpunktthemen standen nur in mittelbarem Zusammenhang. Im folgenden werden zu jedem dieser Themen einige wesentliche Ergebnisse vorgestellt:

1. Beanspruchungen von Übertragungsnetzen durch Blitzeinschläge
(Beiträge 33-01, 33-02, 33-04, 33-16 sowie 16 Diskussionsbeiträge)

Schwerpunkte
- Vergleich zwischen gemessenen und berechneten Beanspruchungen
- Veränderung der Parameter der Blitzwelle
- Schlußfolgerungen hinsichtlich der Isolationskoordination
- Schätzung der Einschlagwahrscheinlichkeit.

Die Leistungsfähigkeit der existierenden Berechnungsverfahren wurde insbesondere für Einfachleitungen als völlig ausreichend eingeschätzt. Auch die Änderung der Parameter durch Koronaentladungen und das dynamische Verhalten der Impedanzen der Freileitungsmaste sind berechenbar. Gegenwärtig wird dem Problem zulässiger Vereinfachungen im Berechnungsverfahren Aufmerksamkeit gewidmet.
Problematisch ist dagegen der Kenntnisstand über die stark streuenden Parameter der vom Blitzeinschlag hervorgerufenen Überspannungen und ihre Beschreibung mit Methoden der mathematischen Statistik. Daraus resultieren außerordentlich große Vertrauensbereiche für berechnete Ausfallwahrscheinlichkeiten für Schaltanlagen. Der Wert derzeitiger Berechnungen ist deshalb hauptsächlich in der relativen Bewertung konstruktiver Veränderungen zu suchen. Vorgestellte berechnete Ergebnisse zur mittleren fehlerfreien Betriebszeit in Abhängigkeit vom Isolationspegel (BIL) ermöglichen, infolge der großen Vertrauensbereiche, noch keine Entscheidungen. Unabhängig davon werden für SF_6-Schaltanlagen übereinstimmend mittlere fehlerfreie Betriebszeiten zwischen 250 und 1000 Jahren gefordert, da die Reparaturzeiten nach einem Ausfall erheblich sind.
Außerdem wurde ein Konzept zur Gestaltung von Blitzfangstangen in Umspannwerken vorgestellt.
Die eingereichten Berichte und die Diskussionen lassen künftig verstärkt experimentelle Untersuchungen zum Blitzeinschlag erwarten.

2. Verhalten von Isolierungen für Gleich- und Wechselspannung bei Verschmutzung
(Beiträge 33-03, 33-05, 33-07, 33-08, 33-11, 33-14 sowie 23 Diskussionsbeiträge)

Schwerpunkte
- Unterschiede im Verhalten bei gleichmäßiger und ungleichmäßiger Verschmutzung, insbesondere bei Metalloxidableitern
- Verhalten langer Isolatorenketten und von Durchführungen
- Verschmutzungsprüfungen von Kunststoffisolatoren.

Infolge des spezifischen Verhaltens bei ungleichmäßiger Verschmutzung werden einerseits komplizierte Prüfverfahren gefordert. Andererseits besteht die Erwartung, daß sich aus solchen Ergebnissen auf der Basis eines physikalischen Modells vom Fremdschichtüberschlag Korrekturfaktoren ableiten lassen, so daß standardisierte Prüfungen bei gleichmäßiger Verschmutzung ausreichend sind.[1])
Zum Problem des Verhaltens langer Isolatorenketten und von Durchführungen wurden unterschiedliche Standpunkte im Hinblick auf die Vorausberechnung aus experimentellen Ergebnisse mit Einzelelementen bzw. Modellanordnungen vertreten. Ursachen dafür sind Ungleichmäßigkeiten in der Verschmutzung längs der gesamten Isolationskette bzw. bezüglich der Lage der Durchführungen sowie das Verhalten bei nur leichter Verschmutzung.
Zwei Diskussionsbeiträge widmeten sich der Vorbehandlung von Kunststoffisolatoren zur Schaffung repräsentativer Verschmutzungsprüfbedingungen.
Für Metalloxidableiter wurden Wechselwirkungen zwischen äußerer und innerer elektrischer Beanspruchung diskutiert, insbesondere im Hinblick auf Erwärmung und Feldveränderungen durch äußere Verschmutzung. Verglichen mit dem Kenntnisstand zum Überschlagverhalten sind zum inneren Verhalten bei Verschmutzung noch umfassende Untersuchungen notwendig und deshalb Vorstellungen zu Prüfmethoden noch widersprüchlich. Gefordert wird prinzipiell eine hohe TE-Einsetzspannung und spezielle Prüfprozeduren mit Impulsspannung.
Im Hinblick auf die Anforderungen an die Prüfanlagen setzt sich die Forderung nach einem zulässigen Spannungsabfall durch. Dagegen wurden Forderungen nach einer Mindestgröße des Glättungskondensators nicht mehr formuliert.

3. Very Fast Transients (VFT)
(Beiträge 33-06, 33-09, 33-12, 33-13, 33-15 sowie 47 Diskussionsbeiträge)

Dieses Schwerpunktthema wurde in einem Joint-Meeting gemeinsam mit den Gruppen 12, 13, 15, 21, 23 und 36 behandelt (siehe auch Beiträge 23-06, 23-10, 23-11, 15-05, 15-06)

Schwerpunkte
- Ursachen von VFT und Probleme ihrer meßtechnischen Erfassung
- Isolationsvermögen gegenüber VFT
- Vergleich zwischen gemessenen und berechneten VFT
- geeignete Prüfanlagen und Verfahren zum Nachweis der elektrischen Festigkeit.

Höhe und Frequenz der VFT hängen in starkem Maße von der Konfiguration der Schaltanlage, dem Schaltertyp sowie den Belastungsverhältnissen ab. Angaben über gemessene Scheitelwerte schwanken zwischen 1,15 p.u. und 2,7 p.u.
Zur Messung der VFT sind Meßeinrichtungen mit Bandbreiten von mindestens 250 MHz erforderlich. Spezielle Meßeinrichtungen wurden vorgestellt, aber auch vorgetragene Meßergebnisse im Hinblick auf verwendete Meßeinrichtungen kritisch bewertet.
Unter Berücksichtigung der genannten Randbedingungen lassen sich VFT mit beachtlicher Genauigkeit berechnen.
Es ist möglich, daß je nach Phasenlage zum Schaltzeitpunkt den VFT beachtliche Gleichspannungskomponenten überlagert sind. Im Hinblick auf Hochspannungsprüfungen zum Nachweis der elektrischen Festigkeit gegenüber VFT muß prinzipiell zwischen SF_6-Schaltanlagen und Leistungstransformatoren unterschieden werden:

a) Transformatoren

Die Diskussion war von unterschiedlichen Auffassungen geprägt. Weitere Untersuchungen bis zur Formulierung eines einheitlichen Standpunktes sind erforderlich. Im Hinblick auf Prüfungen mit abgeschnittener Blitzspannung wurde gefordert, die Zusammenbruchszeiten schärfer vorzugeben und z.B. nur noch Vielfachabschneidefunkenstrecken zuzulassen.

b) SF_6-Schaltanlagen

Im Bereich des für diese Anlagen interessanten Isoliergasdrucks entspricht die VFT-Durchschlagspannung etwa der Durchschlagblitzspannung. Vergleicht man die mögliche Höhe der VFT im Netzbetrieb mit der standardisierten Prüfblitzspannung, dann sind VFT bis etwa zur 800-kV-Spannungsebene als unkritisch anzusehen. Auch unter Berücksichtigung der möglichen Überlagerung von Gleichspannung (s.o.) wird

[1]) siehe Diskussionsbeitrag *Pilling, J.*: S. 32 in diesem Heft.

die Durchführung einer Blitzspannungsprüfung als ausreichend angesehen.[2])
Da die Ausbildung fester Störstellen bei der Vor-Ort-Montage nicht völlig auszuschließen ist, und diese Störstellen die elektrische Festigkeit sowohl gegenüber Blitzspannung als auch gegenüber VFT erheblich reduzieren, steigt die Bedeutung einer Vor-Ort-Blitzspannungsprüfung (unabhängig von der Forderung, diese Montagen in hoher Qualität auszuführen).
Besonders kritische VFT entstehen, unabhängig von der Reihenspannung, wenn bei Hochspannungsprüfungen (z.B. Vor-Ort) Durchschläge auftreten. Das trifft insbesondere auch auf die dabei möglichen Beanspruchungen von Transformatoren zu.

Veröffentlichte Beiträge

33-01 Surge propagation analysis: An application to the Grajau 500 kV SF_6 Gas insulated substation. P. C. V. *Esmeraldo*, P. C. V. *Salgado Carvalho* (Brazil)
33-02 The protection of high voltage substations against lightning. *F. Hofbauer* (Austria)
33-03 Performance of large bushing shells for UHV transmission systems under polluted condition. *T. Kawamura, T. Seta, M. Tanabe, K. Naito* (Japan)
33-04 Pursuing reduced insulation co-ordination for GIS substation by application of high performance metal oxide surge arresters. *T. Kawamura, Y. Ichihara, Y. Takagi, M. Fujii, T. Suzuki* (Japan)
33-05 Model of the creeping flashover of polluted insulators and direct voltage generators for pollution test. *W. Mosch, E. Lemke, J. Pilling, M. Dietrich, J. Wolf, W. Hauschild* (German Dem. Rep.)
33-06 Fast transients in the earthing system of GIS. *F. Noack, P. Zahlmann, R. Brocke, J. Schwarz* (German Dem. Rep.)
33-07 UK experience in the investigation of the pollution performance of metal oxide surge arresters. *R. M. Doone, L. J. Sparrow* (United Kingdom)
33-08 Dielectric strength of polluted EHV insulation. *I. Yu. Gutman, V. R. Kinevsky, V. Z. Trifonov, L. L. Vladimirsky, Yu. N. Yashin* (USSR)
33-09 Disconnector operations in gas insulated substations. Overvoltage studies and tests associated with a 420 kV installation. *J. Lewis, B. M. Pryor, C. J. Jones, T. Irwin, L. C. Campbell, A. Aked* (United Kingdom)
33-10 Requirements for earthing systems with respect to backflash frequency. *H. Rohsler, A. Strand* (Fed. Rep. of Germany)
33-11 Performance of insulators for EHVDC systems under polluted conditions. *A. Pigini, D. Perin, F. Zagliani*, (Italy); *M. Ramamoorty, C. S. Lakshminarasimha, V. B. Rammohan* (India)
33-12 Very fast transients in SF_6 gas insulated substations up to 800 kV. *J. Meppelink, K. Fröhlich, J. Grandl* (Switzerland), et al (South Africa)
33-13 Fast transients: insulation coordination and testing Paper presented in the name of Study Committee 33 (Overvoltages and insulation coordination).
33-14 Behaviour of metal oxide surge arrester under different environmental conditions. *A. Bargigia, G. Mazza* (Italy). *G. le Roy, A. Rousseau* (France); *L. Sparrow* (United Kingdom)
33-15 Performance of metal clad disconnector and its impact on the insulation design of gas insulated substations. *A. Bargigia, A. Porrino, B. Mazzoleni, V. Mosca, G. Rizzi* (Italy)

Lightning performance of transmission systems Paper presented in the name of Study Committee 33 (Overvoltages and insulation coordination).

EA 2926

[2]) siehe Diskussionsbeitrag
Dietrich, M.: „Schlußfolgerungen zur Vor-Ort-Prüfung von SF_6-Schaltanlagen unter Berücksichtigung des möglichen Auftretens von Very Fast-Transients mit überlagerter Gleichspannung", S. 33 in diesem Heft.

SC 21: Hochspannungskabel

Berichterstatter: Dr. *Dietrich Flügge*

Schwerpunkte

1. Konstruktion von Hochspannungskabeln mit extrudierter Isolierung
2. Neue Garnituren-Techniken für Hochspannungskabel
3. Vor-Ort-Prüfung von Hochspannungskabel-Anlagen.

Ergebnisse

1. Konstruktion von Hochspannungskabeln mit extrudierter Isolierung
(Berichte 21-01, 21-02, 21-07)

Kabel mit extrudierten Isolierungen erobern sich immer weitere Anwendungsbereiche. Die Betriebserfahrungen sind überwiegend sehr gut. Im Nennspannungsbereich bis 275 kV, z.T. sogar bis 400 kV, gibt es international stabile Produktionen.
Die Entwicklung der Höchstspannungs-VPE-Kabel-Produktion am Beispiel Japan zeigt Bild 1.
Typisch ist die Erprobung der jeweils neuentwickelten Kabel zunächst auf kurzen Trassen ohne Muffen und danach erst die Anwendung für größere Übertragungsstrekken, die den Einsatz von Muffen erfordern.
Obwohl bekanntlich die an dünnen Schichten gemessene materialeigene Durchschlagfestigkeit von Polyäthylen etwa 800 kV/mm beträgt, sind die maximal praktisch angewandten Betriebsfeldstärken sehr viel niedriger.
Gegenwärtig sind folgende Betriebsfeldstärken international gebräuchlich

60- bis 110-kV-Kabel	4 · · · 6 kV/mm
120- bis 245-kV-Kabel	8 · · · 12 kV/mm
Kabel für 300 kV und darüber	12 · · · 15 kV/mm.

Die wichtigsten Schritte auf dem Wege zur Beherrschung höherer Feldstärken bzw. zu verringerten Isolierungsdicken sind:

— bessere Qualität der Übergangsflächen von Leiterglättung und Aderschirm zur Isolierung
— Vermeidung innerer mechanischer Spannungen in der Isolierung
— Erhöhung der Reinheit und der Homogenität des Isoliermaterials.

Zur Beschreibung der Durchschlagwahrscheinlichkeit wird allgemein die Weibull-Verteilung verwendet; aus Bericht 21-01 ergibt sich, daß die Verwendung der mittleren Feldstärke (USA-Praxis) an Stelle der maximalen Feldstärke (europäische Praxis) eine bessere Übereinstimmung mit der Weibull-Theorie ergibt. Dieser Auffassung wurde z.T. heftig widersprochen, ohne daß eine einheitliche Meinung erzielt wurde, weil offensichtlich die zum Durchschlag führende Fehlerart entscheidend ist: Bei Fehlern an der Leiterglättung (Unebenheiten, Protrusionen, Bindungsfehler...) entscheidet die maximale Feldstärke; bei Fehlern, die statistisch im Isoliervolumen verteilt sind (Verunreinigungen, Hohlräume, Strukturdefekte) dürfte die mittlere Feldstärke die realen Verhältnisse besser beschreiben. Es wurde vorgeschlagen, eine working group des SC 21 mit der detaillierten Untersuchung dieser Problematik zu beauftragen.
Als Außenmantel für die plastisolierten Hochspannungskabel hat sich wegen der höheren mechanischen Festigkeit und der wesentlich geringeren Diffusionsgeschwindigkeit insbesondere von Wasser das PE gegenüber PVC weitestgehend durchgesetzt. In den Berichten 21-02 und 21-05 wurde die Frage der Widerstandsfähigkeit von PE-Mänteln gegenüber Termiten aufgeworfen. Vergiftungen des PE-Materials

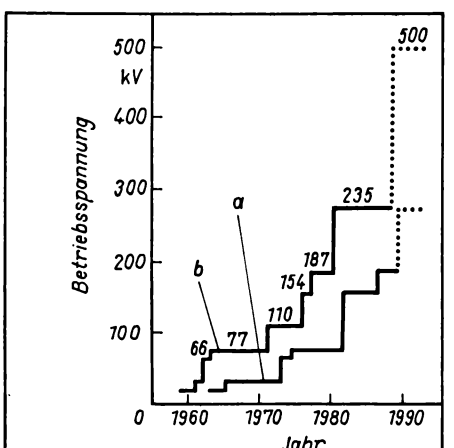


Bild 1. Entwicklung der Höchstspannungs-VPE-Kabelproduktion in Japan
a) mit Muffe
b) ohne Muffe

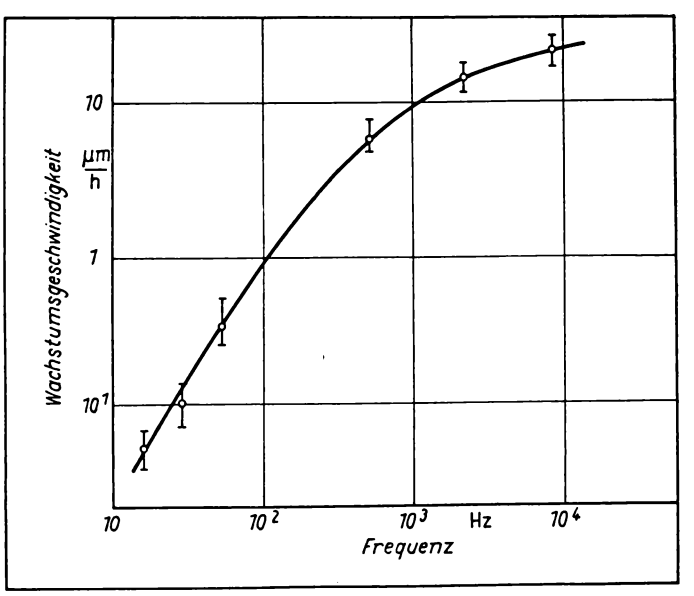


Bild 2. Einfluß der Frequenz auf die Wachstumsgeschwindigkeit von Water-trees

z.B. durch Lindan, Aldrin oder Dialdrin sind aus Gründen des Umweltschutzes zu verwerfen und in den meisten Ländern verboten. Der Einsatz von Metall-Naphthenaten führt bei Termiten nicht zuverlässig zum Erfolg. Die besten Ergebnisse wurden mit mechanisch besonders zähen Außenschichten erzielt, so z.B. mit einer äußeren Nylonschicht. Es wurde auch berichtet, daß im Gegensatz zu PE mittlerer Dichte (0,93 g/cm³) ein lineares PE mittlerer Dichte (0,94 g/cm³) und ein PE höherer Dichte (0,95 g/cm³) von Termiten nicht angegriffen werden.

Der Bericht 21-07 legt sehr interessante Untersuchungen über den Einsatz extrudierter Isolierungen für Hochspannungs-Gleichstromkabel vor und kommt zu dem überraschenden Ergebnis, daß besonders reine und homogene PE- und VPE-Materialien im Prinzip durchaus geeignet sind.

Die mit einer Wasser-Nadel-Elektrode im Bereich von 10 bis 10^4 Hz gemessene Wachstumsgeschwindigkeit von Watertrees (Bild 2) ergibt einen ungewöhnlich schönen, glatten Verlauf. Die Feststellung, daß bei reiner Gleichspannungsbeanspruchung in PE und VPE keine Water-trees auftreten, blieb in der Diskussion nicht unwidersprochen; insbesondere wurde auf die in an den Gleichspannungsadern für die Verstärkerversorgung in Transatlantik-Fernmeldekabeln festgestellte starke Water-tree-Bildung hingewiesen.

2. Neue Garnituren-Techniken für Hochspannungskabel (Berichte 21-01, 21-02, 21-03, 21-04, 21-05, 21-08)

Bei den über viele Jahre erprobten Garnituren für Ölkabel gibt es keine aktuellen Probleme. Der Bedarf an Ölkabel-Einführungs-Endverschlüssen in SF_6-Schaltanlagen ist in letzter Zeit besonders stark angestiegen. Im Bericht 21-03 wird eine vereinfachte Konstruktion für Nennspannungen von 66 bis 500 kV vorgestellt, die den Standard-Abmessungen der IEC-Publikation 859 entspricht und ohne spezielle Anpassungsmaßnahmen mit den SF_6-Schaltanlagen verschiedenster Hersteller kompatibel ist.

Bei den Endverschlüssen für Kabel mit extrudierten Isolierungen dominiert einheitlich der aufschiebbare Feldsteuerkonus in einem Porzellan-(Freiluft)- oder Gießharz-(Innenraum)-Überwurf.

Der hohe Ausdehnungskoeffizient vor allem von VPE erfordert eine stabile Elastizität der Aufschiebeteile.

Bei Kabeln mit nicht zu großem Durchmesser reicht dafür die materialeigene Elastizität der Konen aus; bei größeren Durchmessern werden neuerdings mechanische Federelemente (äußere elastische Druckbandagen oder innere Ringfedern) bevorzugt.

Einen großen Einfluß auf die Garniturenkonstruktion hat die bei PE und VPE gleichermaßen auftretende Längsschrumpfung. Eine Methode, daraus resultierende achsiale Verschiebungen zu verhindern, ist das Festhalten der Isolierung durch in Ringnuten greifende stabile Halterungen.

Bei Muffen sind nach wie vor vier Techniken gebräuchlich:

- selbstverschweißende Bänder (bis 66 kV)
- vernetzbare PE-Bänder mit anschließender Vernetzung
- am Montageort extrudierte Muffenisolierungen
- vorgefertigte Aufschiebe-Muffen.

In wachsendem Maße werden die relativ teuren vorgefertigten Aufschiebemuffen verwendet, weil sich mögliche Montagefehler dabei auf falsche Positionierung und schlechte Oberflächenvorbehandlung beschränken. Als notwendige Montagezeiten werden z.B. 7 Tage für drei 132-kV-Muffen (Bericht 21-05) oder 12 h für eine 300-kV-Muffe (Bericht 21-08) genannt.

Um die Wärmeabführung aus den relativ dicken vorgefertigten Muffen zu verbessern, wird in Bericht 21-03 vorgeschlagen, das äußere Schutzgehäuse mit Acrylharz auszugießen.

Als ein entscheidender Vorteil der vorgefertigten Garnituren (Aufschiebekonus bei Endverschlüssen bzw. komplette Muffe) gilt die schon beim Hersteller mit großer Empfindlichkeit durchführbare Stückprüfung. Dafür haben sich Röntgen- oder auch Ultraschallprüfungen nicht bewährt. Eine Teilentladungsstückprüfung mit mindestens 2 pC Empfindlichkeit bei etwa 1,25 U_0 wird überwiegend empfohlen.

3. Vor-Ort-Prüfung von Hochspannungskabelanlagen (Bericht 21-06)

Es gibt keine Probleme bei der Vor-Ort-Prüfung von Kabeln mit gewickelter Mehrschichtisolierung; die seit langen Jahren angewandte Gleichspannungsprüfung hat sich bewährt und führt nicht zur Schädigung der geprüften Anlagen. Nicht so bei Kabeln mit extrudierter Feststoffisolierung insbesondere aus Materialien mit extrem hohen Isolationswiderständen wie PE oder VPE. Es hat sich erwiesen, daß selbst gravierende Montagefehler durch eine Prüfung mit hoher Gleichspannung (z.B. 3 bis 4 U_0) nicht erfaßt werden; andererseits führen Durch- oder Überschläge bei der Gleichspannungsprüfung zur Schädigung oder gar zum Durchschlag einwandfreier Isolierungen.

Im Bericht 21-06 wird von folgender Überlegung ausgegangen:

— Die Kabelisolierung ist im Herstellerwerk durch eine empfindliche TE-Prüfung auf Fehlerfreiheit ausreichend geprüft worden.

— Mechanische Beschädigungen des Kabels durch Transport und Legung können durch eine Gleichspannungsprüfung des äußeren Kabelmantels erfaßt werden. Die Hauptisolierung des Kabels bedarf keiner erneuten Prüfung Vor-Ort.

— Die Vor-Ort-Prüfung nach der Montagearbeit muß insbesondere Montagefehler wie falschen Sitz der Aufschiebeelemente, Messereinschnitte, nadelförmige Feldspitzen und Hohlräume etwa mit der Selektivität wie mit einer 50-Hz-Spannungsfestigkeitsprüfung erfassen.

Das vorläufige Ergebnis von vergleichenden Durchschlagmessungen der CIGRE WG 21-09 an Modellen mit typischen Fehlern und mit 4 verschiedenen Spannungsvarianten

- 50-Hz-Wechselspannung
- 0,1-Hz-Tiefstfrequenzspannung
- oszillierende Spannung (kHz-Bereich)
- Gleichspannung

ist in Tafel 1 dargestellt.

Nach diesen Ergebnissen schneidet nicht nur die Gleichspannung, sondern überraschend auch die Tiefstfrequenz schlecht ab, während die Prüfungen mit oszillierender Spannung relativ gut mit den 50-Hz-Prüfungen korrelieren.

In der Diskussion wurden davon z.T. erheblich abweichende Prüfergebnisse vorgelegt. Insbesondere wurde auf die Unrealisierbarkeit transportabler Vor-Ort-Prüfanlagen für umfangreiche Höchstspannungskabelanlagen sowohl zur Erzeugung oszillierender als auch von Tiefstfrequenz-Prüfspannungen hingewiesen.

Die Untersuchungen werden mit großer Intensität fortgesetzt und tendieren zur Verwendung der 50-Hz-Betriebsspannung als Prüfspannung; gegenwärtig wird die Realisierbarkeit ausreichend empfindlicher Teilentladungsmessungen bei U_0 unter Vor-Ort-Bedingungen noch sehr skeptisch beurteilt, obwohl das die optimale Lösung des Problems sein könnte.

Tafel 1. Durchschlagspannungen von Modellen mit drei typischen Fehlern in kV-Scheitelspannung
Angaben zur Spannungsart:/Anfangsspannung (kV)/Stufenspannung (kV)/Dauer je Stufe (min)/

Spannungsart	Nadel	Hohlraum	Messereinschnitt	ohne Fehler
50 Hz /6/ 6/1/1/	45	31	25	59
0,1 Hz				
/6/1/1/	38	> 73	58	
/10/5/30/	–	49	23 (51)	
/30/5/60/	–	51	48	
Oszillierende Spannung				
/30/2/10 Stöße je Stufe	54	49	40	76
Gleichspannung				
/20/2,5/1	> 50	120	101	

Papers

21-01 Philosophy of design and experience on high voltage XLPE cable and accessories in Japan. *S. Nagasaki, S. Fujiki, N. Yoshida, N. Kato, M. Aihara, M. Nakagawa* (Japan)

21-02 161 kV-HDPE insulated cable for Tel-Aviv. *H. Gindes, E. Neutra, N. Sorochkin* (Israel)

21-03 Improved accessories for supertension cables. *B. Gregory, G. P. Lindsey* (United Kingdom)

21-04 Cross bonding and a special interruption joint for HV XLPE cables in relation with the use of metal oxide surge arresters *P. P. Leufkens, B. H. M. Wegbrans* (Netherlands)

21-05 Application of pre-fabricated joint on 132 kV XLPE cable for power transmission circuits. *Joongkeun Park, Junghoon Kim, Soohwan Ban, Jinsoo Park, Jayoon Koo* (Korea)

21-06 Development of a new after laying test method for high voltage power cable systems. *H. Auclair, W. Boone, M. S. Papadopoulos.* Paper presented in the name of Study Committee 21 (HV Insulated Cables)

21-07 Evaluation of some dielectric performances of extruded synthetic materials for HVDC power cables-Test results on materials and cables. *M. Pays, M. Louis, J. Perret, C. Alquie, J. Lewiner* (France)

21-08 Pre-moulded accessories for high voltage extruded insulation cables. *B. Parmigiani* (Italy)

21-09 145 kV and 245 kV high stress EPR insulated power cable *C. Taralli* (Brazil) *G. M. Lanfranconi* (Italy)

EA 2929

Ist es gerechtfertigt, die bestehenden Labor-Verschmutzungsprüfverfahren zur besseren Nachbildung der Verschmutzung im Betrieb, z. B. bei Gleichspannung, komplizierter zu gestalten?

J. Pilling, KDT, Zittau

Diskussionsbeitrag im SC 33

Der Fremdschichtüberschlag wird durch Vorlichtbögen eingeleitet. Daher wird die Überschlagspannung $U_{\ddot{u}}$ durch den minimalen Strom-Spannungs-Bedarf entsprechend der Lichtbogen-Charakteristik bestimmt. Für den einfachen Fall — zylindrischer Isolator ohne Schirme — kann die Gleichung

$$U_{\ddot{u}} = K \cdot \ddot{u}_k \, (\pi D \cdot \varkappa_S)^{-n_\varkappa}, \qquad (1)$$

mit

K Konstante
$\ddot{u}_k$ Kriechüberschlagstrecke
D Durchmesser
$\varkappa_S$ Schichtleitfähigkeit
$n_\varkappa$ Exponent ($n_\varkappa = 0{,}25$),

experimentell bestätigt werden. Die Konstante K sollte mit Hilfe von Fremdschichtüberschlag-Versuchen bestimmt werden. Ein Isolator mit Schirmen ergibt einen größeren Exponenten (z. B. $n_\varkappa = 0{,}3$) (Bild 1). Wenn die Vorlichtbögen durch Isolierstoffbarrieren zwischen den Schirmen gezwungen werden, die Kriechüberschlagstrecke vollständig zu nutzen, beträgt der Anstiegsparameter $n_\varkappa = 0{,}25$ wie am glatten Stab. Daraus folgt, daß die wirksame Kriechüberschlagstrecke $\ddot{u}_{k\,eff}$ kleiner ist als die geometrische. Es ist bemerkenswert, daß der Ausnutzungsgrad $\eta_{\ddot{u}k}$ in der Gleichung

$$\ddot{u}_{k\,eff} = \eta_{\ddot{u}k} \cdot \ddot{u}_k$$

mit steigendem Verschmutzungsgrad geringer wird, da mit höherem Überschlagstrom die Kräfte auf den Lichtbogen zunehmen. Der erste Faktor $\eta_{\ddot{u}k}$ wird hauptsächlich durch die Isolatorform bestimmt und sollte systematisch bei gleichmäßiger Verschmutzung bestimmt werden. Er ist ein Maß für die Qualität der Isolatorform.

Eine weitere Ursache für Abweichungen von der theoretischen Charakteristik (1) folgt aus der Ungleichmäßigkeit der Schmutzschicht, z. B. in axialer Richtung des Isolators. Dabei besteht das Problem, ein repräsentatives Maß für den Verschmutzungsgrad zu bestimmen. Das sollte durch die Einführung der effektiven Schichtleitfähigkeit $\varkappa_{S\,eff}$ ($ESDD_{eff}$) gelöst werden, die so definiert ist, daß sie die gleiche Überschlagspannung $U_{\ddot{u}}$ wie der gleichmäßig verschmutzte Isolator ergibt [1]. Der effektive Wert ist normalerweise größer als der Mittelwert partiell gemessener Werte $\bar{\varkappa}_{sp}$ an verschiedenen Stellen der Isolatoroberfläche, der dem Wert ESDD (äquivalente Salzablagerungsdichte) proportional ist. Die Bestimmung des Verschmutzungsgrades durch eine Strom-Spannungs-Messung zwischen den Armaturen des Isolators kann nicht empfohlen werden, da der so gemessene Wert wesentlich geringer als der tatsächlich wirksame ist.

Es ist eine Aufgabe der Forschung, die wirksame Schichtleitfähigkeit systematisch, abhängig von der Art und dem Grad der Ungleichmäßigkeit entsprechend den praktischen Fällen zu erforschen und einen zweiten Faktor C_n zu definieren mit

$$\varkappa_{S\,eff} = C_n \, \bar{\varkappa}_{sp}.$$

Für ein standardisiertes Prüfverfahren scheint es jedoch nicht möglich zu sein, bei Verwendung einer ungleichmäßigen Schmutzschicht einen reproduzierbaren Wert der effektiven Schichtleitfähigkeit zu erreichen.

Die dritte Abweichung vom Modell des Fremdschichtüberschlags ist die Nichtlinearität zwischen Kriechüberschlagstrecke und Überschlagspannung für lange Isolatorenketten und Durchführungen (s. CIGRE-Paper 33-03, 33-08, 33-11), die durch den Übergang vom Vorlichtbogen-Mechanismus zum Streamer/Leader-Mechanismus im Bereich geringer Verschmutzung bewirkt wird (Bild 2).

Da die Trockenüberschlagspannung (gestrichelte Gerade) für lange Isolatorenketten weniger als proportional zunimmt, erfolgt der Schnittpunkt mit der idealen Fremdschichtüberschlag-Kennlinie (strichpunktierte Gerade) bei größerer Schichtleitfähigkeit. Dieser Einfluß kann ebenfalls mit Hilfe des Ausnutzungsfaktors $\eta_{\ddot{u}k}$ berücksichtigt werden (Bild 3). Im Bereich geringer Verschmutzung besteht ein großer Unterschied zwischen diesen Faktoren (z. B. für $l = 1$ m und $l = 10$ m), der zur Nichtlinearität der $U_{\ddot{u}} - \ddot{u}_k$-Charakteristik führt. Im Bereich stärkerer Verschmutzung sind die Faktoren gleich. Damit ist bei dieser Verschmutzung die Fremdschichtüberschlagspannung der Kriechüberschlagstrecke proportional.

In ähnlicher Weise kann der Einfluß des Isolatordurchmessers berücksichtigt werden.

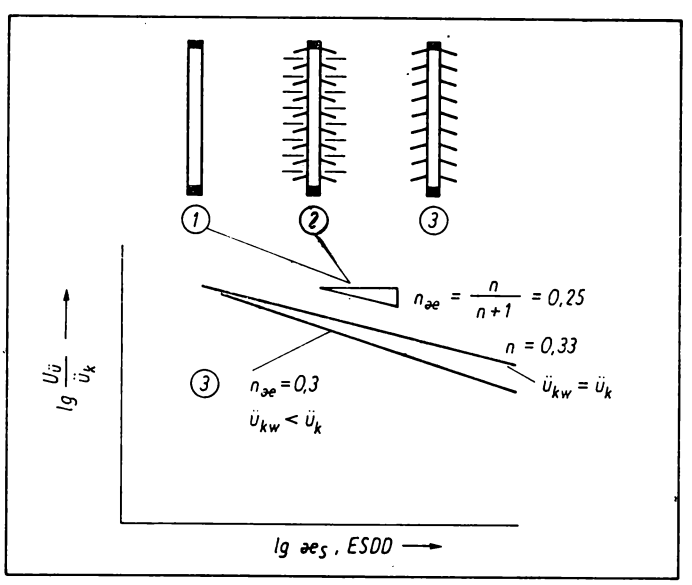


Bild 1. Vergleich der Fremdschichtüberschlagkennlinien von Isolatoren mit und ohne Schirme

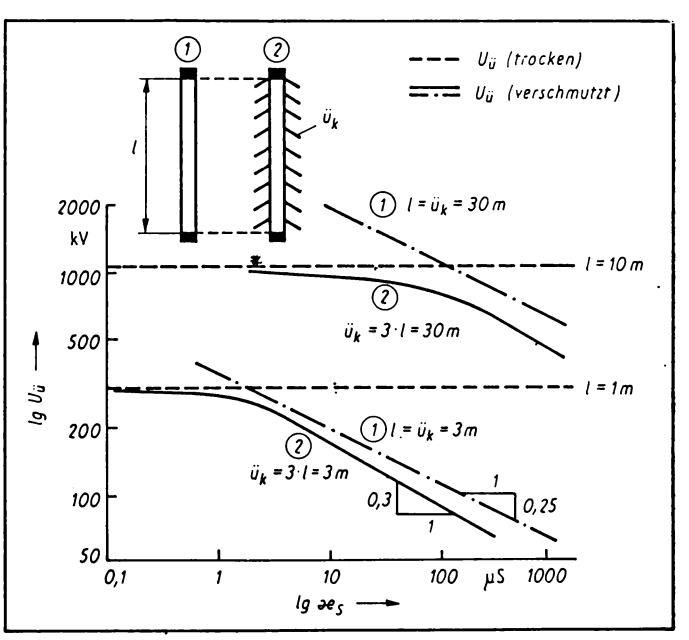


Bild 2. Einfluß der Isolatorlänge auf die Lage der Fremdschichtüberschlagkennlinien

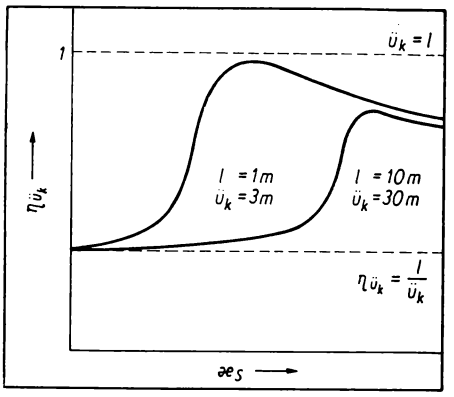


Bild 3. Ausnutzungsfaktor der Kriechüberschlagstrecke $\eta_{\ddot{u}k}$, abhängig von der Schichtleitfähigkeit und der Isolatorlänge

Schlußfolgerungen

1. Es ist nicht gerechtfertigt, die bestehenden Labor-Verschmutzungsprüfverfahren zu komplizieren. Das Ziel der standardisierten Prüfverfahren besteht in der Bewertung der Isolatorform. Durch diese Prüfungen wird hauptsächlich der Ausnutzungsgrad der Kriechüberschlagstrecke bestimmt.

2. Es scheint möglich zu sein, alle anderen Einflußfaktoren auf die Fremdschichtüber-

schlagspannung mit Hilfe von 3 Größen zu berücksichtigen:

- wirksame Kriechüberschlagstrecke $\ddot{u}_{\mathrm{k}} \cdot \eta_{\ddot{u}\mathrm{k}}$
- wirksamer Isolatorumfang $\pi D \cdot \eta_{\mathrm{D}}$
- wirksame Schichtleitfähigkeit $\bar{\varkappa}_{\mathrm{sp}} \cdot C_{\mathrm{n}}$

(als Schätzwert wird in der DDR $C_{\mathrm{n}} = 1{,}2$ angenommen)

und die Überschlagspannung mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$U_{\ddot{u}} = K\, \ddot{u}_{\mathrm{k}} \cdot \eta_{\ddot{u}\mathrm{k}} (\pi D \cdot \eta_{\mathrm{D}})^{-0.25} (C_{\mathrm{n}}\, \bar{\varkappa}_{\mathrm{sp}})^{-0.25}.$$

η_{D} Ausnutzungsfaktor der Isolatorbreite, der durch die Begrenzung des Strömungsfeldes und/oder durch die radiale Ungleichmäßigkeit der Schicht verursacht wird.

Die vollständige Berechnung erfordert Untersuchungen im Labor und unter realen Freiluftbedingungen.

Literatur

[1] *Pilling, J.; Berndt, L.; Bärsch, R.:* Bewertung partieller Schichtleitfähigkeitsmessungen natürlich verschmutzter Isolatoren. ELEKTRIE. Berlin 36 (1982) 11. S. 598–602

EA 2923

Methoden für die Prognose des Elektroenergiebedarfs

Zusammengefaßter Bericht der Arbeitsgruppe 03 des SC 37 (electra 116, Januar 1988)

E. Muschick, KDT, Zittau

Der Aufsatz ist ein kurzgefaßter Bericht einer thematischen Broschüre, die im Zentralbüro der CIGRE vorliegt. Er faßt das Untersuchungsmaterial zu Methoden der Elektroenergieprognose westeuropäischer Länder sowie der USA und Japans zusammen.

Wegen der hohen Bedeutung, die die Prognose des Elektroenergiebedarfs für die Planung hat, werden folgende Thesen vorangestellt:

1. Die Modelle für die Vorhersage des Elektroenergiebedarfs haben sich seit den 60er Jahren erheblich verbessert.
2. Genauere Elektroenergieprognosen sind nur durch eine detailliertere Berücksichtigung vielfacher ökonomischer aber auch sozialer Einflußfaktoren möglich.
3. Der Einfluß von sozialen und politischen Faktoren auf die Prognose des Elektroenergiebedarfs hat bedeutend zugenommen.
4. Es existiert eine Vielzahl von Annäherungsverfahren, die teilweise auch gemischt angewendet werden (Multimodelle).

Im Bericht werden ausgewählte Methoden für die Prognose des Elektroenergiebedarfs beschrieben.

Die „Extrapolationsmethode" war in den 50er und 60er Jahren ein ausreichend genaues Hilfsmittel für den Planungsingenieur. Ungenauigkeiten in der Vorhersage des Elektroenergiebedarfs konnten zu dieser Zeit relativ einfach durch die schnell wachsende Nachfrage an Elektroenergie bzw. durch den Einsatz von billigem Öl und Gas kompensiert werden. Die differenzierte Entwicklung einzelner Industriezweige sowie die beschleunigte soziale Entwicklung führten dazu, daß die Ungewißheiten über die zukünftigen wirtschaftlichen Wachstumsraten anstiegen. Diese Aspekte konnten durch die globale Extrapolationsmethode nicht mehr genügend berücksichtigt werden.

Der entscheidende Entwicklungsschub zur Vervollkommnung der Prognoseverfahren trat Anfang der 70er Jahre ein. Die Preise für primäre Energieträger stiegen drastisch an. Das sich zu dieser Zeit herausbildende höhere Umweltbewußtsein der Bevölkerung verlangte nach einer exakten Begründung neuer Kraftwerksstandorte, für die Errichtung von Umspannwerken und für den Trassenverlauf von Energieleitungen. Unter dem ständigen Einfluß dieser wirtschaftlichen und sozialen Faktoren haben sich besonders folgende Prognosemodelle entwickelt und zum Teil bewährt:

1. Die „ökonometrische Annäherungsmethode" bestimmt den Elektrizitätsverbrauch mit Hilfe explikativer Variablen und berücksichtigt die Wachstumsraten mehrerer Wirtschaftsbereiche, wie beispielsweise die Anzahl der Haushalte, das Einkommen, die Energiepreise. Der Vorteil dieser Methode besteht darin, daß ein direkter Bezug zwischen Elektroenergiebedarf und den ihn bestimmenden Faktoren hergestellt wird.

2. Die „Endverbrauch-Annäherungsmethode" ermittelt den Energieverbrauch auf der Grundlage des physischen Bestandes an Ausrüstungen (Lichtquellen, Wärmeverbraucher, Motoren usw.). Mit dieser Methode werden gute Ergebnisse in Teilbereichen der Wirtschaft erzielt. Dagegen ist die detaillierte Erfassung der Daten für den gesamten Industriesektor schwierig.

Da nach diesem Verfahren nur der aktuelle Bestand an elektroenergieverbrauchenden Ausrüstungen erfaßt wird, kann der zukünftige Elektroenergiebedarf nur näherungsweise prognostiziert werden.

3. Die „Multi-Energie-Annäherungsmethoden" berücksichtigen nicht nur den Elektroenergiebedarf an sich, sondern gleichzeitig den Endbedarf anderer Energieträger (Kohle, Erdgas, Erdöl, Heizöl usw.). Deshalb eignen sich diese Methoden recht gut, um bedeutende Substitutionen zwischen den Energieträgern in zufriedenstellender Weise zu behandeln.

Derartige Modellverfahren sind in den Niederlanden, Schweden und Frankreich entwickelt worden und werden von den zentralen Planungskommissionen angewendet.

4. Die „makro-ökonomischen Energiemodelle" haben zum Ziel, die Energieströme in einem einheitlichen Energiemodell miteinander zu verbinden und zu präzisieren. Diese Modelle werden häufig von Zentren der Wirtschaftsvorhersagen in den USA, Frankreich und den Niederlanden angewendet. Auf Grund der globalen Modellierung der makro-ökonomischen Variablen erscheint die Anwendung für den Elektroenergiesektor weniger geeignet.

5. Die „gemischt-analytischen Annäherungsmodelle" können für verschiedene Modellierungszusammenhänge genutzt werden. Damit ist die Berücksichtigung der wirtschaftlichen Entwicklung einerseits und der Marktentwicklung andererseits hinreichend gut möglich. Diese hybriden Modelle bewähren sich besonders gut in hochentwickelten Ländern und werden bevorzugt in Japan, der BRD und in Frankreich angewendet.

Der Bericht schließt mit Empfehlungen für die Weiterführung der Arbeiten zur Vervollkommnung der Modelle für die Elektroenergieprognose.

Eine Übersetzung liegt im VE Kombinat Verbundnetze Energie, Abteilung TW, vor.

EA 2941

Schlußfolgerungen zur Vor-Ort-Prüfung von SF_6-Schaltanlagen unter Berücksichtigung des möglichen Auftretens von Very Fast-Transients mit überlagerter Gleichspannung

M. Dietrich, KDT; *W. Hauschild*, KDT; Dresden

Diskussionsbeitrag zur SC 33

Nach Schalthandlungen in SF_6-Schaltanlagen ist es möglich, daß je nach Phasenlage bezüglich der Wechselspannung zum Schaltzeitpunkt eine Gleichspannungsbeanspruchung auftritt. Dieser Gleichspannung können sog. Very Fast-Transients (hochfrequente Überspannungen bis etwa 100 MHz, im folgenden mit VFT abgekürzt) überlagert sein [1].

Im Bereich des technisch interessanten Gasdrucks von SF_6 gibt es keine wesentlichen Unterschiede im Entladungsverhalten bei VFT und Blitzspannung. Auch die Durchschlagspannungen sind etwa gleich. Deshalb lassen sich aus Ergebnissen experimenteller Untersuchungen mit Mischspannung, bestehend aus einer Gleichspannungs- und einer Blitzspannungskomponente [2], durchaus Schlußfolgerungen für das Verhalten gegenüber VFT ableiten. Dabei muß im folgenden unterschieden werden, ob und welche Art von Störstellen die elektrische Festigkeit beeinträchtigen:

1. SF_6-Isolierungen ohne Störstellen (schwach inhomogenes Feld)

Für diesen Fall ist allgemein bekannt, daß die Höhe der Durchschlagmischspannung $U_{\mathrm{d}\Sigma} = (U_{=} + U_{\mathrm{d}\Lambda})$ der Durchschlagspannung bei reiner Blitzspannungsbeanspruchung $U_{\mathrm{d}\Lambda}$ entspricht. Folglich ist eine Prüfung mit reiner Blitzspannung mit einer Höhe entsprechend der möglichen Mischspannung ausreichend.

2. Isolierungen mit beweglichen Störstellen (Partikeln)

In diesem Fall kann theoretisch die Durchschlagmischspannung kleiner als die Durchschlagblitzspannung sein. Das trifft genau für den Fall zu, wenn der Blitzimpuls zeitlich mit dem momentanen Aufenthalt der Partikel im Bereich der Innenelektrode zusammenfällt (vorausgesetzt die Gleichspannungskomponente ist so groß, daß sich die Partikel ständig bewegen). Für längere Impulsspannungen (Schaltimpulsspannungen) konnte dieser Effekt auch tatsächlich nachgewiesen werden [3]. Dagegen ist bei Blitzimpulsspannung (und erst recht bei VFT) die Wahrscheinlichkeit einer solchen Konstellation so klein, daß es nicht gelingt, diesen Effekt der Reduzierung der Durchschlagspannung im Rahmen einer Prüfung nachzuweisen.

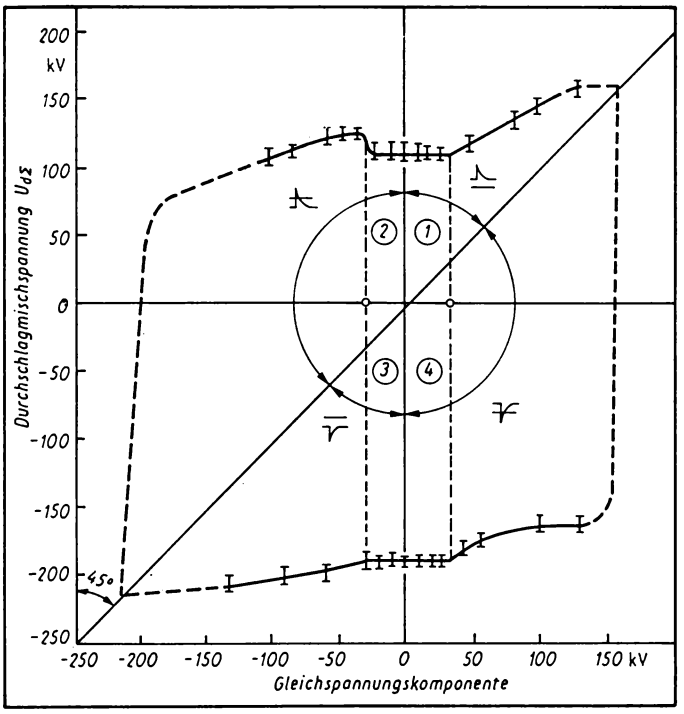


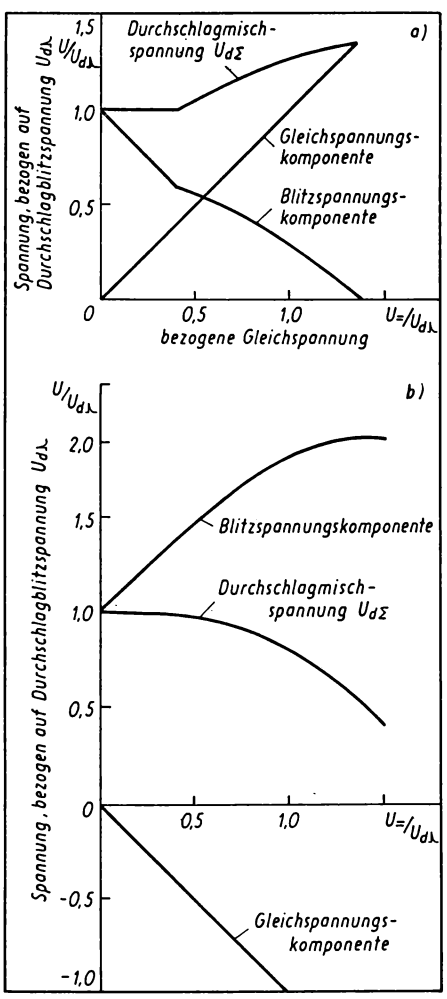
Bild 1. Durchschlagmischspannung (Blitzspannung überlagert einer Gleichspannung) in Abhängigkeit von der Gleichspannung für eine SF_6-Isolierung mit fester Störstelle

Bild 2. Prinzipielles Verhalten der Durchschlagmischspannung $U_{d\Sigma}$ für a) gleicher Polarität und b) entgegengesetzter Polarität der beiden Komponenten, bezogen jeweils auf die reine Durchschlagblitzspannung $U_{d\Lambda}$

3. Isolierungen mit fester Störstelle

Die Durchschlagmischspannung einer solchen Anordnung ist abhängig von den unterschiedlichen möglichen Arten der Überlagerung (Bild 1). Dabei kann die reine Blitzspannungsbeanspruchung auf der Ordinate und die reine Gleichspannungsbeanspruchung auf der 45°-Linie gefunden werden. Bei gleicher Polarität von Gleich- und Blitzspannung (Bereiche 1 und 3 im Bild 1) steigt die Durchschlagmischspannung gegenüber der reinen Durchschlagblitzspannung geringfügig mit steigendem Gleichspannungsanteil an. Den prinzipiellen Verlauf der Durchschlagmischspannung und ihrer Komponenten zeigt Bild 2a. Demzufolge ist auch für diese Fälle eine Prüfung mit reiner Blitzspannung ausreichend, wobei die Prüfspannungshöhe entsprechend der max. möglichen Summe von Blitzspannungs- und Gleichspannungskomponenten gewählt werden muß.

Für den Fall unterschiedlicher Polarität der Komponenten der Mischspannung (Bereiche 2 und 4 im Bild 1) ergibt sich dagegen eine sinkende Tendenz der Durchschlagspannung mit größer werdender Gleichspannungsbeanspruchung. Bewertet man jedoch den prinzipiellen Verlauf der einzelnen Komponenten für diesen Fall, so sinkt die Durchschlagmischspannung erst bei relativ hohen Werten der Blitzspannungskomponente (Bild 2b). Damit ist diese Kombination als unkritisch anzusehen, da ohne überlagerte Gleichspannung die Durchschlagspannung wesentlich niedriger sein würde. Aus allen diesen Überlegungen folgt, daß eine Prüfung mit Blitzspannung auch in den Fällen ausreichend ist, bei denen eine Mischspannungsbeanspruchung, bestehend aus Gleichspannungs- und Blitzspannungskomponenten (bzw. VFT-Komponente), auftritt. Außerdem hat die Blitzspannungsprüfung gegenüber Prüfungen mit Mischspannung den Vorteil einer relativ einfachen gerätetechnischen Realisierbarkeit. Das ist für Vor-Ort-Prüfungen von großer Bedeutung. Insbesondere ist dabei auf die Prüfung mit oszillierender



Blitzspannung hinzuweisen, da Ausnutzungsfaktoren wesentlich größer als 100% erreichbar sind und die Prüfung vorteilhaft ausführbar ist [4].

Literatur

[1] *Bargigia, A.*, u.a.: Performance of metal clad disconnector and its impact on the insulation design of gas insulated substations. CIGRE-Bericht 33-15 (1988)

[2] *El-Dessouky, S.*, u.a.: Particle-initiated breakdown of sf_6 insulation at DC and AC voltages superimposed with switching impulse voltages. 4 th ISH, Athens (1983), Beitrag 32.01

[3] *El-Dessouky, S.*: Beitrag zum partikelgezündeten SF_6-Durchschlag bei Mischspannungen. Dissertation TU Dresden, 1982

[4] *Hauschild, W.; Wolf, J.; Schwarz, J.*: Vor-Ort-Prüfung einer SF_6-isolierten Schaltanlage mit oszillierender Blitzspannung. ELEKTRIE 42 (1988) 4, S.138–141

EA 2922

Neue Erzeugnisse

Die Fa. Nickel entwickelte ein Präzisionssteuergerät (Bild 1) für Hochintensitätslampen (Halogenkaltlicht 12 V, 100 W/150 W), die in mit hoher Geschwindigkeit arbeitenden CCD-Abtastgeräten, digitalen Bildaufnahmesystemen sowie der Robotertechnik, der industriellen Automatisierung und der Fotografie angewendet werden können.

Mit dem Z-80-Prozessor erfolgt eine Kommunikation mit dem Bilderkennungsrechner zum Zwecke des exakten künstlichen Sehens.

1. Lampensteuerung (Bild 2)

Das Gerät besteht aus einer Rechnereinheit und bis zu 12 auf- und abrüstbaren Lampentreibermodulen. Rechnereinheit und Lampenmodule sind aus der gleichen Phase des Netzes zu speisen, damit die Synchronität gewährleistet ist.

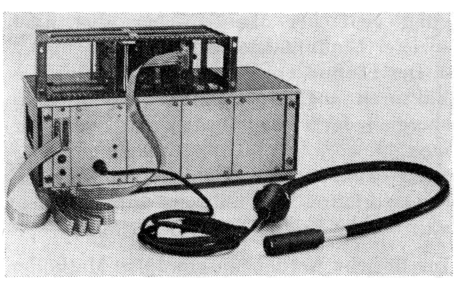
2. Rechnereinheit

Die Rechnereinheit ist das Herzstück der Lampensteuerung. Sie überwacht die Stellung der zwei angeschlossenen Taster, steuert die zwei Anzeige-LED und erzeugt die Zündimpulse für die Lampentreibermodule. Weiterhin ist sie für die Kommunikation mit einem übergeordneten Rechnersystem ausgelegt, von dem Informationen über die Helligkeit der einzelnen Lampen übergeben werden können (serielle Daten-IFSS-Schnittstelle). Eine zweite IFSS-Schnittstelle liefert ein Nulldurchgangssignal, durch das ein übergeordneter Rechner mit der Netzspannung synchronisiert werden kann.

Bedienung der Rechnereinheit

Nach dem Einschalten oder dem Betätigen der RESET-Taste wird das Gerät in den Grundzustand versetzt. Die gelbe LED (OFF-LINE) wird eingeschaltet und alle angeschlossenen Lampen leuchten für etwa 2 s mit voller Helligkeit. Ausgenommen hiervon ist die Lampe 0, die während dieser Zeit langsam dunkler wird. Ist die Zeit abgelaufen, so verlöschen alle Lampen sowie

Bild 1. Steuergerät mit Kaltlicht-Glasfaserbündel — Bild-Erkennungsbeleuchtung (vorn im Bild); maximale Leuchtenzahl 12 in 264 Stufen steuerbar



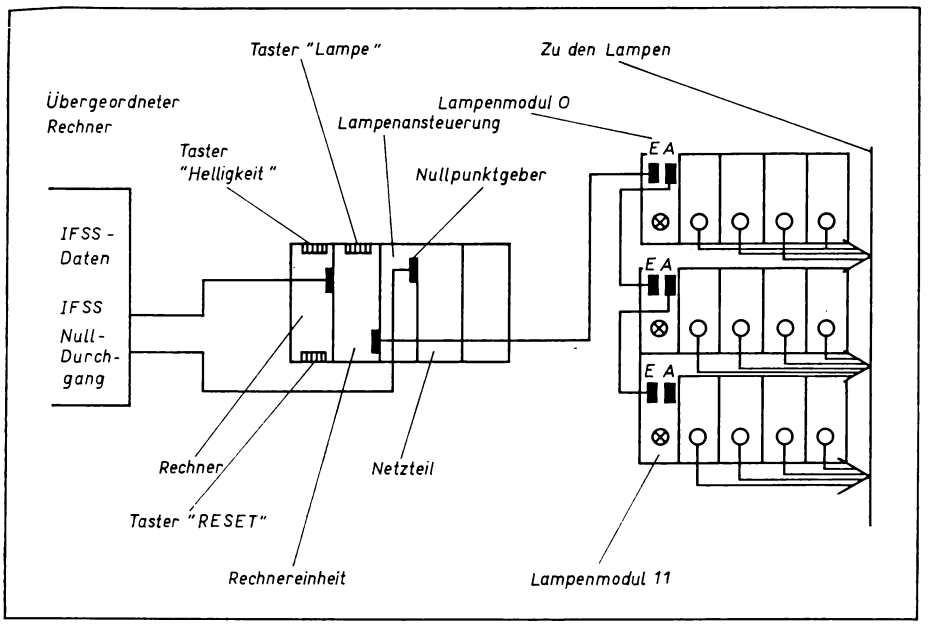


Bild 2. Lampensteuerung

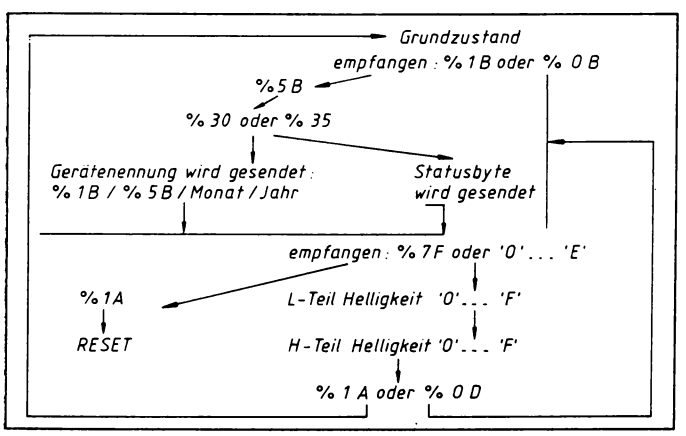


Bild 3. Plan für die serielle Datenerfassung

die gelbe LED, der Rechner prüft die Bereitschaft der Daten-IFSS-Schnittstelle und schaltet bei gegebener Bereitschaft die grüne LED (ON-LINE) ein. In diesem Zustand können Steuerinformationen eines übergeordneten Rechners verarbeitet werden.

Wird nach dem RESET während der 2 s der Taster „Lampe" gedrückt, so geht die Rechnereinheit in den Handbetrieb über. Durch Festhalten dieses Tasters wird die Lampe 0 angesprochen, die durch Drücken des Tasters „Helligkeit" verändert werden kann. Wird der Taster „Lampe" losgelassen, verbleibt diese Lampe in ihrem Zustand. Durch erneutes Betätigen des Tasters „Lampe" wird die nachfolgende Lampe angesprochen, die nun in gleicher Weise verändert werden kann.

3. Dateneinspeisung durch einen übergeordneten Rechner

Im On-line-Zustand kann eine Dateneingabe über die serielle Daten-IFSS-Schnittstelle und somit eine externe Steuerung der Lampen erfolgen. Die Schnittstelle ist als 20-mA-Stromschleife ausgelegt. Die Datenübertragung erfolgt asynchron (8 bit ohne Parität, auf Seiten der Lampensteuerung sind Sender und Empfänger passiv) mit einer Übertragungsrate von 9600 Bd. Bild 3 gibt eine Übersicht über die zu sendenden Steuerinformationen.

Soll eine Lampe verändert werden, sind entsprechend der Abbildung aus dem Grundzustand folgende Daten zu senden:

1. Formfeed (% 0 C)
2. Lampennummer in ASCII (% 30 · · · % 39 oder % 41 · · · % 42)
3. Low-Teil des Helligkeits-Byte in ASCII (% 30 · · · % 39) oder (% 41 · · · % 46)
4. High-Teil des Helligkeits-Bytes in ASCII (dito)
5. % 0 D, wenn weitere Lampen verändert werden sollen — in diesem Fall folgt sofort die nächste Lampen-Nr. (Punkt 2.) oder CNTRL-Z (% 1 A), wenn die Übertragung beendet ist (führt in den Grundzustand).

Alle übergebenen Informationen werden als Echo zurückgesendet, es sei denn, es trat ein Übertragungsfehler auf. In diesem Fall wird der rechnerinterne Fehlerstatusbyte entsprechend gesetzt und statt des Echos der Code DC 4 (% 14) gesendet.

Wird CETRL-C (% 03) gesendet, so gelangt man von jeder beliebigen Stelle der Abbildung in den Grundzustand (Abbruch). Empfängt die Steuereinheit % 00, dann wird ein Testprogramm gestartet, das die Registerinhalte auf Anforderung sendet. Dieses Programm kann nur durch Betätigen des RESET-Tasters verlassen werden.

Das beiliegende Z-80-Programm „Sende" realisierte im Testbetrieb die Kommunikation mit der Lampensteuerung. Die zu übertragenden Daten wurden unter der Adresse % B 002 abgelegt und unter % B 000 sowie % B 001 die Bytes % 02 und % B 0 eingetragen (Beginn der zu übertragenden Daten).

EA 2817

Neue Vorschrift über die zulässigen Arbeitsumweltbedingungen für Automatisierungsanlagen

Ab 1. Juni 1988 ist die Neuausgabe des Teils 05 des Standards TGL 32991 [1] für arbeitsgestalterische, arbeitshygienische und bautechnische Forderungen für Automatisierungsanlagen verbindlich. Der Anlaß für die durch den VEB GRW Teltow durchgeführte Überarbeitung des ersten seit dem 1. Juli 1977 gültigen und in [2] beschriebenen Standardteils war,

- eine Vereinigung mit dem bisher bestehenden Standardkomplex TGL 31872 [3] zu den Wartenräumen und -nebenräumen durchzuführen, um damit bzgl. der bautechnischen Forderungen Überschneidungen und Dopplungen auszuschließen
- Veränderungen der Aufteilung der Warten in Wartenraum, -nebenraum, -rechnerraum und -serviceraum und deren Dimensionierungen. Hervorgerufen durch die Veränderung im Geräteumfang, z.B. mit Einführung der Mikrorechentechnik und neuer Grundsätze der Gerätesystematisierung durch verstärkte Anwendung von Hierarchiesystemen
- die Einführungen von Bildschirmarbeitsplätzen

zu berücksichtigen.

Der neue Teil 5 von TGL 32991 gilt jetzt für alle stationären Automatisierungsanlagen, und für Rekonstruktionsvorhaben ist dessen Anwendung ebenfalls empfohlen. Er gilt jedoch nicht für Automatisierungsanlagen der Be- und Verarbeitungsmaschinen, im Bergbau unter Tage und der Transport- und Fördereinrichtungen, z.B. in Fahrzeugen, Kränen und Bagger.

Im Bereich der arbeitshygienischen Forderungen konnte mit Hilfe der Verweistechnik auf bereits in anderen Standards festgelegte Forderungen hingewiesen und um notwendige Kenndaten ergänzt werden. Das betrifft die Daten der Beleuchtung nach TGL 200-0617 [4], der Notbeleuchtung nach TGL 200-0636 [5], der zulässigen gesundheitsgefährdenen und nichttoxischen Stäube in der Luft, graduierten mikroklimatischen Bedingungen nach TGL 32603 [6], zulässigen Schwingungen nach TGL 32628 [7] sowie den zulässigen abgestuften Schalldruckpegeln nach TGL 32624 [8] für alle Räume, in denen Automatisierungsanlagen zur Aufstellung kommen.

Im Bereich der arbeitsplatzgestalterischen Forderungen sind neben den allgemeinen Grundsätzen zur Arbeitsplatzgestaltung von Steh- und Sitzarbeitsplätzen nach TGL 32604 [9] auch spezielle Forderungen an die Anordnung der Gefäße sowie Geräte auf Anzeige- und Bedienflächen aufgeführt. So ist verfügt, daß die Geräte auf Anzeige- und Bedienflächen z.B. in Warten, in Abhängigkeit von der Prozeßgliederung gruppiert nach der

- Funktion
- Bedeutung
- Häufigkeit ihrer visuellen Wahrnehmung
- Häufigkeit ihrer Betätigung und
- Folgerichtigkeit ihrer Betätigung

anzuordnen sind und bei Bedienhandlungen die zugehörigen Anzeigegeräte nicht verdeckt werden dürfen. Ebenfalls besonders zu beachten sind die höchstzulässigen unteren und oberen Anordnungsabstände für Betätigungselemente, Anzeige- und Registriergeräte. Als niedrigster Anordnungsabstand werden, gemessen von der Standfläche des Bedienenden, für alle Geräte 800 mm gefordert. Der obere Anordnungsabstand ist dagegen, gemessen von der Standfläche des Bedienenden für allgemeine

- Betätigungselemente auf 1800 mm
- Anzeigegeräte auf 2000 mm
- Registriergeräte bis auf 1650 bzw. 1800 mm

unterschiedlich festgelegt, Betätigungselemente, die häufig (mindestens 2mal je Stunde) betätigt werden müssen, sollen jedoch stets im Bereich von 900 bis 1300 mm angeordnet werden.

Die Aufnahme von gestalterischen, arbeitshygienischen und bautechnischen Forderungen für Bildschirmarbeitsplätze konnten nicht mehr im vorliegenden Teil 5 eingeordnet werden, da zu diesem Komplex z.Z. ein neuer umfassender Standard TGL 44690 [10] unter Leitung des VEB Kombinat Datenverarbeitung Berlin erarbeitet wird, der alle Probleme der Bildschirmtechnik umfassen und auch ebenfalls für komplette Bildschirmarbeitsplätze der Prozeßtechnik verbindlich sein soll. Die bisher in TGL 31872 [3] enthaltenen bautechnischen Forderungen für Räume, überwiegend Wartenräume, in denen Automatisierungsanlagen zur Aufstellung kommen, wurden in [1] überführt und dem Einsatz neuer Gerätetechniken und Technologien des Bauwesens angepaßt. So werden jetzt, um alle Automatisierungseinrichtungen, auch der Mikrorechentechnik, von zentralen Steuerstellen unterzubringen, weitere Wartenräume mit hoher klimatischer Einsatzklasse benötigt. Eine Aufteilung der Warten kann daher bei umfangreichen Anlagen in den Wartenraum und -nebenraum, die oft nur durch Wartenfelder getrennt sind, sowie den Wartenrechner- und -serviceraum vorgenommen werden. Alle diese Räume sollten

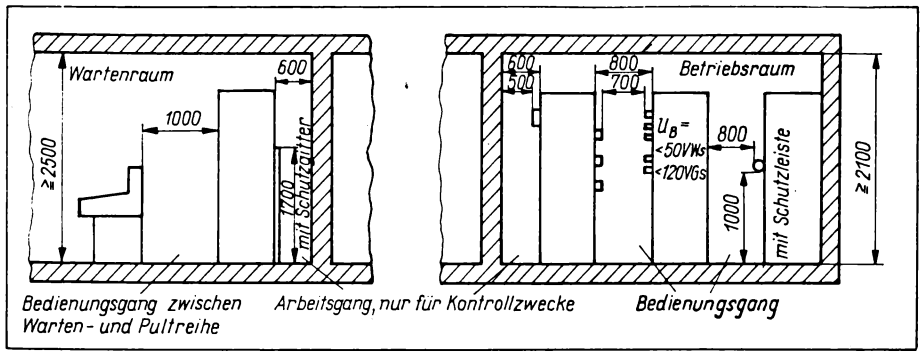
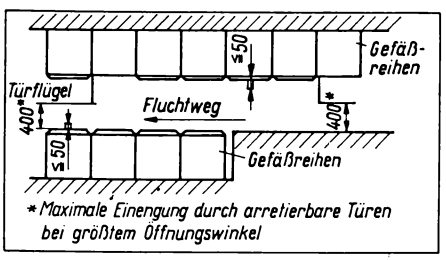


Bild 1. Beispiel für Mindestgangbreiten und -höhen für ortsfeste Anlagen

Bild 2. Mindestgangbreite des Fluchtweges



möglichst zusammenhängend angeordnet und stützenfrei sein. Rohrleitungen mit flüssigen und/oder gasförmigen Medien, z.B. Dampfrohrleitungen dürfen nur in Ausnahmefällen durch Wartenräume geführt werden und zwar nur dann, wenn die Gebrauchsfähigkeit und eine störende Beeinflussung der Automatisierungsanlage ausgeschlossen sind. Die Räume der Warten sollen folgendermaßen ausgeführt und ausgestattet werden:

- Mindestraumhöhen für den Wartenraum 3000 mm, den Wartennebenraum 2500 mm, für Kabelräume 1800 mm
- Wand- und Deckenflächen von Wartenräumen- und -nebenräumen sind glatt auszuführen. Die Wände sind darüber hinaus mit einem Anstrich zu versehen, der eine feuchte Reinigung zuläßt
- Die Zugänge zu ständig besetzten Wartenräumen und Wartenrechnerräumen sind mit einer Luftschleuse zu versehen, wenn die zulässigen Umgebungseinflüsse, z.B. aus benachbarten Räumen, sonst nicht eingehalten werden können
- Es sind für alle Räume zum Errichten der Anlagen ausreichende Transportöffnungen, z.B. an Türen, vorzusehen
- Wartenräume und Wartenrechnerräume sind mit einer Heizung und zum Zwecke der Kabel- und Leitungsführung vorzugsweise mit einem auf dem Rohfußboden aufgesetzten Fußboden aus Holzspanplatten auszustatten. Hierbei sind die zulässigen Brandlasten bis 1000 MJ zu beachten sowie weitere Sicherheits- und Brandschutzmaßnahmen (z.B. nach TGL 30513/02 [11]) vorzusehen
- Wand- und Deckendurchführungen für Kabel und Leitungen sind nach Beendigung der Montage mit feuerhemmenden Baustoffen zu verschließen
- Bei der Farbgestaltung von ständig besetzten Wartenräumen und Wartenrechnerräumen ist die psychologische Belastbarkeit der Bedienenden zu berücksichtigen und mit der Raumbeleuchtung, den Raumproportionen und den Farben der Gefäße und Geräte abzustimmen
- In ständig besetzten Wartenräumen und Wartenrechnerräumen sind Fußbodenbeläge zu verwenden, die sich nicht stärker elektrostatisch aufladen als PVC-Beläge. Prüfplätze in Wartenservice-

Tafel 1. Mindestmaße für Bedienungs- und Arbeitsgänge in Automatisierungsanlagen

Art der Anlage	Mindestgangbreite in mm[1])					max. Ganglänge in mm	Mindestganghöhe in mm	
	Anlagen mit Berührungsschutzvorrichtung[2])	Anlagen ohne Berührungsschutzvorrichtungen				Alle Anlagen (für Kabelräume nicht festgelegt)	bis zu nicht abgesperrten nicht isolierten aktiven Starkstromteilen	bis zu Decken oder Schutzverkleidungen
		Nennspannung	Nichtisolierte aktive Starkstromteile auf einer Seite des Ganges					
		< 50 V Ws < 120 V Gs	Ganglänge < 7000 mm	≧ 7000 mm	auf beiden Seiten des Ganges			
Ortsfeste Anlage	800	800	1000	1200	1500	20000; bei nur einem Zugang 10000	3500 2500[3])	allgemein 2100;[4]) Wartenraum 2500; Kabelraum 1800[5])
Anlage für ortsveränderlichen Einsatz	600	–	–	–	–	–	–	1800

[1]) Die Breite für Arbeitsgänge darf um max. 200 mm verringert werden, sofern von diesen Gängen aus die Anlagen nur visuell kontrolliert und im spannungsfreien Zustand gewartet werden (siehe auch Bild 1).

[2]) Mindesthöhe der Berührungsschutzvorrichtung: Schutzverkleidung oder -gitter 1700 mm; Schutzleiste 1000 mm.

[3]) Diese Ganghöhe gewährleistet den teilweisen Berührungsschutz bei Einhaltung der Forderungen nach TGL 200-0602/02 und ist nur in abgeschlossenen elektrotechnischen Betriebsräumen anwendbar.

[4]) Eine stellenweise Verminderung der Raumhöhe von Wartennebenräumen um max. 400 mm durch Unterzüge, Kanäle u. dgl. von max. 500 mm Breite ist zulässig.

[5]) Eine stellenweise Verminderung der Raumhöhe von Kabelräumen um max. 200 mm durch Unterzüge u. dgl. von max. 500 mm Breite ist zulässig.

räumen sollen zusätzlich mit einem leitfähigen geerdeten Fußbodenbelag ausgestattet werden.

Der o.g. leitfähige Fußbodenbelag für Serviceräume (mit Ableitwiderständen zwischen 1 bis 100 MΩ) soll zum Abbau elektrostatischer Aufladungen dienen, um auch die Prüfung hochempfindlicher elektronischer Bauelemente, z.B. MOSFET- und FET-Bauelemente, zu ermöglichen. Nach [12] soll mit dieser Maßnahme eine Entladung am Prüfplatz auf ein Sicherheitsniveau von 100 V innerhalb 1 s erreicht werden, unterstützt durch das Tragen von zusätzlich geerdeten Antistatikarmbändern beim Bedienpersonal. Die nach TGL 200-0601/03 [13] und TGL 32991/04 [14] zulässigen Mindestbreiten, -höhen und -längen von Bedien- und Arbeitsgängen wurden für Automatisierungsanlagen ebenfalls überprüft und teilweise präsiziert. Der neue verbindliche, in der Praxis angewandte Stand ist in Tafel 1 sowie in den Bildern 1 und 2 dargestellt.

Hierbei wurden neu geregelt:

- die Mindestganghöhen für Wartenräume mit 2500 mm, für den Wartennebenraum und alle Räume außerhalb des Wartenkomplexes, z.B. in technologischen Produktionsstätten, in denen die Zentraleinrichtungen, Anzeige- oder Bedieneinrichtungen untergebracht werden bzw. in örtlichen Steuer- oder Übergabestellen, mit 2100 mm sowie für elektrotechnische Betriebsräume mit 2500 mm
- die Ganglängen mit max. 20 m bei mehreren Zugängen
- die stellenweise Verminderung der Raumhöhen von Wartenneben- und Kabelräumen auf 400 bzw. 200 mm durch vorhandene Unterzüge im Baukörper.

Literatur

[1] TGL 32991 Automatisierungsanlagen; Arbeitshygienische, arbeitsgestalterische und bautechnische Forderungen. Ausg. Juni 1987
[2] *Kloust, H.:* Errichtungsvorschriften für Automatisierungsanlagen — Standard TGL 32991 „Automatisierungsanlagen". ELEKTRIE, Berlin 31 (1977) 9, S. 478–481
[3] TGL 31872 MSR-Anlagen; Wartenräume und Wartennebenräume. Ausg. Dezember 1975
[4] TGL 200-0617 Beleuchtung mit künstlichem Licht. Ausg. 1981 bis 1986
[5] TGL 200-0636 Notbeleuchtung. Ausg. 1984
[6] TGL 32603 Arbeitshygiene; Mikroklima in Arbeitsräumen. Ausg. Mai 1980
[7] TGL 32628 Arbeitshygiene; Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen. Ausg. Mai 1983
[8] TGL 32624 Arbeitshygiene; Lärm am Arbeitsplatz, Grenzwerte. Ausg. Februar 1983
[9] TGL 32604 Arbeitshygiene; Allgemeine ergonomische Forderungen. Ausg. November 1978
[10] TGL 44690 Bildschirmarbeitsplätze; Ergonomische Forderungen. Entwurf 1986
[11] TGL 30513/02 GAB; Datenverarbeitungseinrichtungen mit elektronischen Datenverarbeitungsanlagen. Ausg. September 1978
[12] *Karoos, M.:* Elektrostatische Ladung gefährdet Bauelemente. Technische Gemeinschaft, Berlin (1987) 6, S. 23
[13] TGL 200-0601/03 Errichten elektrotechnischer Anlagen; Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V Ws oder 1500 V Gs. Ausg. Juli 1986
[14] TGL 32991/04 Automatisierungsanlagen; Sicherheitstechnische Forderungen. Ausg. Dezember 1980

H. Kloust, Berlin

EA 2810

BUCHER

Elektrische Stellantriebe

Reihe Automatisierungstechnik, Band 230

Von *D. Zenkel.* Berlin: VEB Verlag Technik 1988. 1. Auflage, 72 Seiten, 44 Bilder, 10 Tafeln

Gegenstand des vorliegenden Bandes sind die geregelten elektrischen Stellantriebe einschließlich der elektrischen Schrittantriebe mit rotatorisch arbeitenden Antriebsmotoren, wie sie im Leistungsbereich von einigen 10 W bis zu einigen kW Nenndauerleistung in großer Zahl als NC-Achsantriebe in Werkzeugmaschinen und Industrierobotern, bei Kreuztischen in der Elektronikindustrie und zum Positionieren von Transportpaletten und in vielen anderen technischen Einrichtungen zur Anwendung kommen. Bezüglich ihrer Funktion wird erwartet, daß sie einer vorgegebenen Führungsgröße (Drehzahl, Drehwinkel, Lage) möglichst ohne Fehler folgen. Daraus resultieren hohe Forderungen hinsichtlich Drehzahlstellbereich, Beschleunigungsvermögen, Gleichförmigkeit der Drehbewegung und der Genauigkeit, die beim Entwurf solcher Systeme zu verwirklichen sind. Die dazu erforderlichen Grundkenntnisse werden im vorliegenden Band vermittelt.

Im einzelnen behandelt der Autor zunächst das funktionelle Zusammenwirken des Motors mit den anzutreibenden Mechanismen, die mechanische Anpassung des Motors an die Last und den Einfluß des zeitlichen Ablaufs der Bewegung auf die Beanspruchung des Motors. Daran anschließend werden für Gleichstromstellantriebe, Schrittantriebe und Drehstromstellantriebe die erforderlichen Eigenschaften der Motoren und ihrer leistungselektronischen Stellglieder erläutert und die jeweiligen Besonderheiten des physikalischen Zusammenwirkens von Stellglied und Motor angegeben. Im nächsten Abschnitt werden die prinzipiellen Eigenschaften der für die Erfassung der Zustandsgrößen Lage, Drehzahl und Strom erforderlichen Meßeinrichtungen erörtert und schließlich die Strukturen und die Optimierungsaspekte der für Stellantriebe wichtigen Regelkreise beschrieben. Die Ausführungen schließen mit einigen Gedanken zum rechnergestützten Entwurf von Stellantriebssystemen.

Der vorliegende Band ist übersichtlich aufgebaut und entsprechend der Zielstellung der Reihe Automatisierungstechnik breitenwirksam angelegt. Er stellt eine sehr gute Einführung in das Gebiet der geregelten elektrischen Stellantriebe dar. In Tafeln und Tabellen findet der Leser darüber hinaus sehr nützliches Zahlenmaterial. Der Band repräsentiert sich somit als ein sehr gutes Arbeitsmittel für Techniker, Ingenieure und Studenten, aber auch für Kader, die sich im Rahmen von Weiterbildungsveranstaltungen auf dem Fachgebiet der Stellantriebstechnik kundig machen möchten.

E. Habiger, Dresden

EA 2907

Elektrostatische Aufladungen begreifen und sicher beherrschen

Kontakt und Studium Elektrotechnik Band 44

Von *G. Lüttgens; M. Glor.* Sindelfingen: expert-Verlag GmbH 1988. 2. Auflage. 238 Seiten, 68 Bilder, 9 Tafeln, 60 Lit.

In obiger Buchreihe, die aus Schulungsmaterial der Technischen Akademie Esslingen für die berufliche Weiterbildung entstanden ist, liegt jetzt der Band 44 in der 2., völlig neu bearbeiteten Auflage vor.

Die Autoren, anerkannte Elektrostatik-Fachleute der chemischen Industrie, vermitteln auf anschauliche Weise Grundkenntnisse der Aufladungsphänomene und der Entladungsarten. Sie beschreiben die Gefahren der parasitären Elektrostatik und zeigen an Praxisbeispielen entsprechende Schutzmaßnahmen.

Nach den einführenden Kapiteln „Physikalische Grundlagen" (1) und „Gesetzmäßigkeiten im elektrischen Feld" (2) wird versucht, die Frage „Wie kommt es eigentlich zur Aufladung?" (3) aus theoretischer Sicht (Helmholtzsche Doppelschicht, triboelektrische Spannungsreihe) zu klären. Den Besonderheiten der „Meßtechnik in der Elektrostatik" (4) ist ein eigener, auf die betriebliche Praxis zugeschnittener Abschnitt gewidmet.

Die detaillierten Darlegungen zu den „Gasentladungen" (5) bilden die Voraussetzung für die Beurteilung der elektrostatischen „Aufladung als Gefahr" (6), wobei diese Entladungen mögliche Zündquellen für ein explosibles Gemisch darstellen, mit dem bei einer Verarbeitung brennbarer Flüssigkeiten und Stäube in der Regel immer gerechnet werden muß.

Der sicherheitstechnischen Stoffkenngröße der Mindestzündenergie wird im Abschnitt „Zündung infolge Aufladung" (7) der Energieinhalt der verschiedenen Entladungsarten gegenübergestellt.

Abweichend vom Titel „Elektrostatische Aufladung als Störgröße" (8) werden in diesem Abschnitt zunächst die Ursachen der Personenaufladung, die Beseitigung von Aufladungen durch antistatische Behandlung und durch Ionisatoren erläutert. Erst danach werden einmal die elektrostatischen Haftkräfte kurz erwähnt, die den Produktionsablauf in der Papier- und Textilindustrie behindern können, und zum anderen mögliche Beeinträchtigungen von EDV-Systemen geschildert, die durch Schädigung der Bauelemente unter der Einwirkung elektrostatischer Entladungen (Spannungs- bzw. thermische Überlastung) bzw. Feldeinwirkung verursacht werden können. Wertvolle Anregungen für den Lehrenden und Lernenden bietet das abschließende Kapitel „Beschreibung von Demonstrationsexperimenten" (9), das für etwa 40 Versuche zur Veranschaulichung der physikalischen Vorgänge der statischen Elektrizität in tabellarischer Form Geräteliste und Kurzbeschreibung der Experimente enthält.

Im Literaturverzeichnis sind Standards, Zeitschriftenbeiträge und Tagungsberichte ausschließlich jüngeren Datums erfaßt. Das Buch kann bestimmungsgemäß für ein effektives Selbststudium und als Nachschlagwerk empfohlen werden.

W. Kleber, Dresden

EA 2904

Power System Stability

Von *L. Z. Racz; B. Bokay.* Budapest: Verlag Akademiai Kiado 1988. 291 Seiten, 124 Bilder, 144 Lit.

Das Stabilitätsverhalten von Elektroenergiesystemen ist wie die Kurzschluß- und Leistungsflußberechnung ein traditionelles Untersuchungsziel.
Im vorliegenden Buch wird zunächst das statische und transiente Stabilitätsproblem unter dem Einfluß des Netzausbaus und des Belastungszustandes dargelegt (Abschnitte 1 und 2).
Im 3. Abschnitt werden die klassischen Modelle für die Untersuchung der transienten Stabilität (konstante transiente Spannung der Generatoren) und der statischen Stabilität mit und ohne Berücksichtigung der Regelung (linearisiertes Gleichungssystem mit konstanter Polrad- bzw. konstanter Klemmenspannung) beschrieben. Dabei steht wie in allen Büchern, die sich mit der Problematik beschäftigen, das Einmaschinenproblem im Vordergrund.
Mit dem 4. Abschnitt wird eine Erweiterung der Modelle durch Aufgabe der Annahme konstanter treibender Spannungen vorgenommen. Die Beschränkung auf das Einmaschinenproblem bleibt bestehen. Damit gelingt es, schrittweise auf die heute bei der Computersimulation gebräuchlichen quasistationären Modelle überzuleiten. Für die praktische Anwendung ist die konsequente Orientierung auf die Zustandsdarstellung wertvoll.
Im 5. Abschnitt wird schließlich die Zustandsdarstellung auf das n-Maschinenproblem ausgedehnt.
Der 6. Abschnitt behandelt die Leistungsflußberechnung zur Bestimmung der Anfangswerte und Methoden der numerischen Integration der Zustandsdifferentialgleichung sowie die Bestimmung der Eigenwerte für Aussagen zur statischen Stabilität. Die Ausführungen zur Äquivalentierung versprechen zuviel, denn sie beschränken sich auf die Reduktion der Stromgleichung auf die Generatorknosten unter der Voraussetzung konstanter Lastimpedanzen.
Im 7. Abschnitt wird der Einfluß extrem langer Leitungen auf das Stabilitätsverhalten untersucht.
Der 8. Abschnitt ist letztlich speziellen Einflußgrößen gewidmet (Spannungsregelung, Lastzustand).
Insgesamt stellt das Buch eine gelungene Synthese der Darstellung klassischer und moderner Untersuchungsmethoden zur Stabilität dar. Es wird insbesondere Fachkollegen empfohlen, die sich für die Details der Modellierung interessieren. Diese finden sich ausführlich im umfangreichen Anhang und versetzen den Leser in die Lage, die Modelle direkt zu nutzen. Allerdings wird er dabei Hinweise zur Fehlernachbildung vermissen. Ebenfalls keine Aufnahme haben weitere Möglichkeiten der Modellierung durch die Wahl anderer Zustandsvariablen und die Konsequenzen für die Genauigkeit aus der Einschränkung auf das quasistationäre Modell gefunden. Zur Anschaulichkeit tragen die zahlreichen durchgerechneten Beispiele bei. Sie sind jedoch wegen unvollständiger Datenangaben nicht nachvollziehbar.

B. Oswald, Leipzig EA 2903

Bauelemente der Optik

Taschenbuch der technischen Optik

Von *H. Naumann* und *G. Schröder*, München, Wien: Hanser Verlag 1987. 5. überarb. und ergänzte Auflage von *G. Schröder*. 624 Seiten, 406 Bilder, 74 Tabellen

Dieses Buch, hervorgegangen aus dem bereits Anfang der 50er Jahre erstmalig verlegten Fachbuch „Optik für Konstrukteure", führt dessen erfolgreiche Konzeption in moderner Weise weiter. Es ist also weniger ein Lehrbuch der Optik als vielmehr eine überschaubare, weil komprimierte Zusammenstellung von Funktion und Anwendung der gebräuchlichen optischen Bauteile, Baugruppen, Geräte sowie optischer Verfahren. Deutlich zeigt sich das in der Gliederung des Buches: In vier äußerst knapp gehaltenen Kapiteln werden die Grundlagen der Optik dargeboten, gewissermaßen als Verständigungsbasis für die darauffolgenden Kapitel. Diese schließlich umfassen das breite Gebiet der technischen Optik. Es beginnt bei der Beschreibung von optischen Bauelementen, von Strahlungsquellen, Empfängern und Filtern sowie von mechanischen Bauelementen. Danach folgen Erläuterungen zur Beleuchtung in Geräten, zu Beobachtungs- und Zielgeräten, zur Mikroskopie und Fotografie, aber auch zu solchen speziellen Meßverfahren, wie optische Längenmessung und Messung optischer Größen, Interferometrie, Fotometrie, Farbmessung u.a. Die letzten Kapitel des Buches zu den Themen Lichtleiter und Faseroptik, optoelektronische Geräte, Holografie sowie Gradientenoptik, Integrierte Optik und Modulatoren wurden gegenüber der 4. Auflage entsprechend der gewachsenen technischen Anwendung dieser Funktionselemente ergänzt.
Die Informationen, die die einzelnen Kapitel bieten, sind dem Optikkonstrukteur, der schnell das Spektrum seiner konstruktiven Möglichkeiten überblicken will, wie auf den Leib geschrieben: Die Konstruktions- und Funktionsmerkmale wichtiger Bauteil-, Baugruppen- bzw. Gerätevarianten werden dargestellt und erläutert. Meist zeigen aussagekräftige Beispiele, wie die im Text angeführten Gleichungen angewendet werden, um die optischen Bauteile und Systeme an die Konstruktionsaufgabe anzupassen. Die zahlreichen modernste Erkenntnisse repräsentierenden Literaturstellen am Ende jedes Abschnitts weisen den Weg zur Lösung komplizierter konstruktiv-optischer Probleme des modernen Gerätebaus. Naturgemäß befinden sich unter den aufgeführten Literaturstellen ausschließlich Standards nach DIN-Norm. Dies sollte aber Fachleute des optischen wie optoelektronischen Gerätebaus nicht daran hindern, diesen bewährten Ratgeber in der wissenschaftlichen Arbeit zu nutzen.

D. Ender, Berlin EA 2808

Formelsammlung zur Numerischen Mathematik mit Turbo-Pascal-Programmen

Von *G. Engeln-Müllges; F. Reutter.* Zürich: Bibliografisches Institut und F. A. Brockhaus AG 1987.

Das Buch besteht aus einem Textteil (270 Seiten) und einem Programmteil (215 Seiten). Es gehört zu einer Reihe von gleichartigen Veröffentlichungen, bei denen zur Algorithmendarstellung unterschiedliche Programmiersprachen ausgewählt wurden. So ist im vorliegenden Buch der Textteil mit der 5. Auflage der FORTRAN-77-Version identisch. Es enthält die leistungsfähigsten und in der Praxis wohl auch am häufigsten genutzten Verfahren der praktischen Mathematik. Als Formelsammlung deklariert, wird auf Beweise verzichtet; allerdings werden die den Verfahren zugrunde liegenden Prinzipien beschrieben und die Verfahren in algorithmisch aufbereiteter Form dargestellt. Man findet die „klassischen" Standardmethoden der Numerischen Mathematik und neuere Algorithmen: Lösen von Gleichungssystemen, Nullstellenbestimmung, Eigenwerte, Interpolation und Approximation, Differentation und Integration, Splines, Anfangswert- und Randwertaufgaben. Nicht enthalten sind Formeln zur mathematischen Statistik, zur linearen Optimierung und höhere Funktionen. Der Darstellung der Algorithmen ist ein für den Praktiker nützlicher Abschnitt über Fehlerquellen und Stabilität vorangestellt.
Im Anhang sind von *A. Becker* Turbo-Pascal-Programme für die meisten der behandelten Verfahren angegeben. Die Programme — auf IBM PC-AT02 mit Koprozessor unter MS-DOS getestet — sind sehr gut dokumentiert, insbesondere gilt das für die Parameter. Da sie Inline-Kode enthalten, um die fehlenden formalen Prozeduren nachzubilden, sind sie an dieses Betriebssystem gebunden. Insgesamt wird eine umfangreiche, mit großem Fleiß aufbereitete Programmsammlung vorgelegt. Warum die Verfahren überwiegend als Funktionen geschrieben sind, ist nicht recht einzusehen, da ja selbige Referenzparameter nutzen müssen und damit Nebeneffekte haben.
Die polygrafische Aufmachung des Buches ist lobenswert.

G. Paulin, Berlin EA 2909

In eigener Sache

Für unsere Zeitschrift suchen wir einen Fachredakteur, der in oder bei Berlin über Wohnraum verfügt. Er sollte ein abgeschlossenes Hochschulstudium in der Fachrichtung Elektrotechnik oder in einem angrenzenden Fachgebiet und gute Kenntnisse der deutschen Sprache haben. Seine Aufgaben umfassen:

— redaktionelle und fachliche Bearbeitung von Manuskripten
— Besuch und Auswertung von Fachtagungen, Messen und Ausstellungen
— fachbezogene journalistische Tätigkeit.

Interessenten wenden sich bitte an
VEB Verlag Technik
Redaktion ELEKTRIE, Tel. 2870345
Oranienburger Straße 13/14
Berlin, 1020

Die Redaktion

Documentation

Müller, St.; Wolff, J.

Introducing Compact Fluorescent Lamps

ELEKTRIE, Berlin 43 (1989) 1, pp. 5–8, 6 Figs., 4 Tables, 3 Refs.

The necessity of introducing compact fluorescent lamps in the GDR is founded, aove all, energy-economically. An analysis of the hitherto introduced types provides primarily for two groups of types: double-pipe lamps with plug-in base and separated compensating device; compact fluorescent lamps with screw base and integrated electronic compensating device. Within a period of 4 to 6 five-years-plans 60 to 80 % of the incandescence lamps may be substituted, when using properties and economy of the manyfold groups of types of compact fluorescent lamps will mark the base for this.

Gündel, H.; Sonnenburg, R.

Frequency Behaviour of Fluorescent Lamps

ELEKTRIE, Berlin 43 (1989) 1, pp. 8–10, 8 Figs., 6 Refs.

The technical use of Hg-Ar-mixed plasmas for light generation is effecting a continuous research work in the field of low-pressure light sources. Furthermore more effective computing plants different theoretical models of the fluorescent plasma could be completed. By means of a modified model the behaviour of fluorescent lamp plasmas in increased operating frequencies was studied. As a principle all experiments provide for a yield increase, which on the other side in the 500 Hz to 1 kHz region is effected, essentially, through the portions of the fall zones.

Claus, H.

Operation of Fluorescent Lamps with Higher Frequencies

ELEKTRIE, Berlin 43 (1989) 1, pp. 11–12, 4 Figs., 5 Refs.

The light yield of fluorescent lamps in operating with frequencies above 20 kHz is, versus the pipe length, by 8 to 16 % higher than in network operation. The focal spot temperature is higher by 30 to 100 K, approximately. It has to be calculated a lower life than in network operation.

Zausch, E.; Eßbach, D.

Presentation of a New Generation of Combinating Lamps

ELEKTRIE, Berlin 43 (1989) 1, pp. 12–13, 3 Figs., 1 Table

Walther, U.

Using Mathematical Methods on Research and Technology of the Fluorescent Lamps Production

ELEKTRIE, Berlin 43 (1989) 1, pp. 13–14, 1 Fig., 1 Equation, 7 Refs.

The use of the mathematical statistics in the fluorescent lamps production is described. The methods of the statistical test planning have the advantage, that additionally to the model development simultaneously statistical statements about the validity of the evaluated coefficients as well as about the quality of the models are resulting. Furthermore the evaluating expenditure is reduced considerably. Such methods are used in optimizing parameters of fluorescent lamps or also technological parameters as well as other quality parameters.

Kronfoth, R.

Ultraviolet Radiators UVS 25-5 and UVS 60-5

ELEKTRIE, Berlin 43 (1989) 1, pp. 14–16, 7 Figs., 3 Tables

Starting from the properties and effects of the UV-radiation specific application fields of UV-C-radiators are represented by considering the NARVA-sterilization radiators UVS 25-5 and UVS 60-5. The conclusion of this paper is given by recommendations for using UV-radiation – under the view of the work and health protection.

Ebert, G.

Measuring Method for Evaluating the Wearing State of Fluorescent Lamps Electrodes

ELEKTRIE, Berlin 43 (1989) 1, pp. 25–26, 2 Figs., 4 Equations

The life of fluorescent lamps is determined, particularly, by the properties of the coiled electrode. Because the coiled electrode has the costly greatest portion of the components of a fluorescent lamp, it has to be optimized regarding to its use. The theory of the method, the measuring structure, and the evaluation of the results are described.

Schwalowsky, G.

Influencing the Environment by Complex Technological Thinking

ELEKTRIE, Berlin 43 (1989) 1, pp. 26–27, 2 Figs., 5 Refs.

Starting from the worldwide low utilization factor of the raw materials it is hinted to the importance of technologies of no or low waste products, and the connection between environment, producing and manufacturing processes is illustrated. The statement and maintenance of quality parameters of waste products and the consideration of the recycling of inevitable waste products to secondary raw materials within the bounds of the manufacturing processes are required.

Документация

Мюллер, Ст.; Вольф, Й.

Внедрение компактных газоразрядных ламп

ELEKTRIE, Берлин 43 (1989) 1, стр. 5–8, 6 рис., 4 табл., 3 лит.

Необходимость внедрения компактных газоразрядных ламп в ГДР обоснована прежде всего энерго-экономическими соображениями. Анализ внедренных до сих пор в международном масштабе форм этих ламп выдвигает на передний план две типовые группы: лампы с двойной трубкой, с штырьковым цоколем и раздельных балластным сопротивлением; компактные газоразрядные лампы с резьбовым цоколем и интегрированным электронным балластным сопротивлением. В течение от 4 до 6 пятилеток смогут заменяться от 60 до 80% ламп накаливания при условии, что достаточную основу этому дадут свойства и экономия применения разнообразных типовых групп компактных газоразрядных ламп.

Гюндель, Х.; Зонненбург, Р.

Частотные свойства газоразрядных ламп

ELEKTRIE, Берлин 43 (1989) 1, стр. 8–10, 8 рис., 6 лит.

Техническое применение для получения света смешанных плазм Hg-Ar обуславливают проведение постоянных научно-технических исследований в области источников света низкого давления. С помощью все более производительных вычислительных установок удалось дополнить различные теоретические модели газоразрядной плазмы. На модифицированной модели были изучены свойства плазм газоразрядных ламп на повышенных рабочих частотах. Принципиально все эксперименты дают повышение отдачи, которое, однако, в диапазоне от 500 Гц до 1 кГц в основном обуславливается вкладами пространств падения.

Клаус, Х.

Эксплуатация газоразрядных ламп на более высоких частотах

ELEKTRIE, Берлин 43 (1989) 1, стр. 11–12, 4 рис., 5 лит.

Световая отдача газоразрядных ламп при эксплуатации их на частотах свыше 20 кГц, в зависимости от длины трубки, больше от 8 до 16 % по сравнению с эксплуатацией от сети. Температура фокусного пятна больше на приблизительно 30 до 100 К. Ожидается более короткий срок службы по сравнению с эксплуатацией ламп в сетевой режиме.

Цауш, Э.; Эсбах, Д.

Пердставление нового поколения комбинационных светильников

ELEKTRIE, Берлин 43 (1989) 1, стр. 12–13, 3 рис., 1 табл.

Вальтер, У.

Применение математических методов в научных исследованиях и технологии изготовления газоразрядных ламп

ELEKTRIE, Берлин 43 (1989) I, стр. 13–14, I рис., I уравн., 7 лит.

Описывается применение математической статистики в производстве газоразрядных ламп. Преимуществом методов статистического планирования экспериментальных работ является то, что помимо получения модели одновременно получаются и показания относительно действительности полученных коэффициентов, а также относительно качества моделей. Кроме того, существенно снижается трудоемкость оценки полученных результатов. Подобные методы применяются в целях оптимизации параметров газоразрядных ламп или же технологических параметров и других качественных параметров.

Кронфорт, Р.

Ультрафиолетовые излучатели UVS 25-5 и UVS 60-5

ELEKTRIE, Берлин 43 (1989) 1, стр. 14–16, 7 рис., 3 табл.

Исходя из свойств и воздействий ультрафиолетового излучения, с учетом стерилизационных излучателей NARVA UVS 25-5 и UVS 60-5 рассматриваются специальные области применения излучателей типа UV-C. В заключение статьи даются рекомендации по обращению с ультрафиолетовым излучением с точки зрения охраны труда и здоровья.

Эберт, Г.

Способ измерения по оценке степени износа электродов газоразрядных ламп

ELEKTRIE, Берлин 43 (1989) 1, стр. 25–26, 2 рис., 4 уравн.,

Срок службы газоразрядных ламп в решающей мере определяется свойствами спирального электрода. В связи с тем, что спиральный электрод представляет собой самую вескую по издержкам составную часть газоразрядной лампы, он должен быть оптимизированным по отношению к применению. Рассматриваются теория способа, схема проведения измерения и оценка результатов.

Шваловски, Г.

Воздействие на окружающую среду путем комплексного технологического мышления

ELEKTRIE, Берлин 43 (1989) 1, стр. 26–27, 2 рис., 5 лит.

Исходя из низкой во всем мире степени использования сырьевых материалов, обращается внимание на значение технологий, обеспечивающих маленький объем или отсутствие отходов производства и обсуждается связь между окружающей средой, производственным и технологическим процессами. Высказывается требование на определение и соблюдение качественных параметров отходов производства и на включение в технологический процесс переработки неизбежных отходов производства в вторичные сырьевые материалы.

Müller, St.; Wolff, J.

Einführung kompakter Leuchtstofflampen

ELEKTRIE, Berlin 43 (1989) 1, S. 5 – 8, 6 Bilder, 4 Tafeln, 3 Lit.

Die Notwendigkeit der Einführung kompakter Leuchtstofflampen in der DDR ist vor allem energieökonomisch begründet. Eine Analyse der bisher international eingeführten Formen stellt für den Einsatz zwei Typengruppen in den Vordergrund: Doppelrohrlampen mit Stecksockel und getrenntem Vorschaltgerät; kompakte Leuchtstofflampen mit Schraubsockel und integriertem elektronischen Vorschaltgerät. Innerhalb von 4 bis 6 Fünfjahrplanzeiträumen können 60 bis 80 % der Glühlampen substituiert werden, wenn Anwendungseigenschaften und -ökonomie der vielfältigen Typengruppen kompakter Leuchtstofflampen dafür die Grundlage geben.

Gändel, H.; Sonnenburg, R.

Frequenzverhalten von Leuchtstofflampen

ELEKTRIE, Berlin 43 (1989) 1, S. 8 – 10, 8 Bilder, 6 Lit.

Die technische Anwendung von Hg-Ar-Mischplasmen für die Lichterzeugung bewirkt eine anhaltende Forschungstätigkeit auf dem Gebiet der Niederdrucklichtquellen. Durch immer leistungsfähigere Rechenanlagen konnten verschiedene theoretische Modelle des Leuchtstoffplasmas ergänzt werden. Mit einem modifizierten Modell wurde das Verhalten von Leuchtstofflampenplasmen bei erhöhten Betriebsfrequenzen untersucht.
Prinzipiell zeigen alle Experimente einen Ausbeuteanstieg, der jedoch im Bereich von 500 Hz bis 1 kHz im wesentlichen durch die Beiträge der Fallräume bewirkt wird.

Claus, H.

Betrieb von Leuchtstofflampen bei höheren Frequenzen

ELEKTRIE, Berlin 43 (1989) 1, S. 11 – 12, 4 Bilder, 5 Lit.

Die Lichtausbeute von Leuchtstofflampen beim Betrieb mit Frequenzen über 20 kHz ist in Abhängigkeit von der Rohrlänge 8 bis 16 % höher als bei Netzbetrieb. Die Brennfleckttemperatur ist um etwa 30 bis 100 K höher. Es muß mit einer geringeren Lebensdauer als bei Netzbetrieb gerechnet werden.

Zausch, E.; Eßbach, D.

Vorstellung einer neuen Generation Kombinationsleuchten

ELEKTRIE, Berlin 43 (1989) 1, S. 12 – 13, 3 Bilder, 1 Tafel

Walther, U.

Anwendung mathematischer Methoden in Forschung und Technologie der Leuchtstofflampenherstellung

ELEKTRIE, Berlin 43 (1989) 1, S. 13 – 14, 1 Bild, 1 Gleichung, 7 Lit.

Es wird die Anwendung der mathematischen Statistik in der Leuchtstofflampenproduktion beschrieben. Die Methoden der statistischen Versuchsplanung haben den Vorteil, daß neben der Modellgewinnung gleichzeitig statistische Aussagen über die Gültigkeit der ermittelten Koeffizienten sowie über die Güte der Modelle gewonnen werden. Außerdem wird der Auswertungsaufwand erheblich reduziert. Derartige Methoden werden bei der Optimierung von Leuchtstofflampenparametern oder auch technologischen Parametern sowie weiterer Qualitätsparameter angewendet.

Kronfoth, R.

Ultraviolett-Strahler UVS 25-5 und UVS 60-5

ELEKTRIE, Berlin 43 (1989) 1, S. 14 – 16, 7 Bilder, 3 Tafeln

Ausgehend von den Eigenschaften und Wirkungen der UV-Strahlung werden unter Einbeziehung der NARVA-Entkeimungsstrahler UVS 25-5 und UVS 60-5 spezielle Anwendungsgebiete von UV-C-Strahlern vorgestellt. Den Abschluß des Artikels bilden aus der Sicht des Gesundheits- und Arbeitsschutzes Empfehlungen zum Umgang mit UV-Strahlung.

Ebert, G.

Meßverfahren zur Beurteilung des Verschleißzustandes von Leuchtstofflampenelektroden

ELEKTRIE, Berlin 43 (1989) 1, S. 25 – 26, 2 Bilder, 4 Glh.

Die Lebensdauer von Leuchtstofflampen wird maßgeblich von den Eigenschaften der Wendelelektrode bestimmt. Da die Wendelelektrode den kostenmäßig größten Anteil an den Bestandteilen einer Leuchtstofflampe hat, muß sie bezüglich ihres Einsatzes optimiert sein. Es werden die Theorie des Verfahrens, der Meßaufbau und die Auswertung der Ergebnisse beschrieben.

Schwalowsky, G.

Umweltbeeinflussung durch komplexes technologisches Denken

ELEKTRIE, Berlin 43 (1989) 1, S. 26 – 27, 2 Bilder, 5 Lit.

Ausgehend von der weltweit nur geringen Rohstoffausnutzung wird auf die Bedeutung abproduktarmer/-freier Technologien hingewiesen und der Zusammenhang zwischen Umwelt, Produktions- und Fertigungsprozeß dargestellt.
Gefordert wird die Festlegung und Einhaltung von Qualitätsparametern für Abprodukte und die Einbeziehung der Aufarbeitung unvermeidbarer Abprodukte zu Sekundärrohstoffen im Rahmen des Fertigungsprozesses.

Herausgeber	Kammer der Technik, Fachverband Elektrotechnik
Verlag	VEB Verlag Technik DDR-1020 Berlin, Oranienburger Str. 13/14 Telegrammadresse: Technikverlag Berlin Telefon: 28700; Telex: 011 2228 techn. dd
Verlagsdirektor	Dipl.-Ing. *Klaus Hieronimus*
Redaktion	Dr.-Ing. *Klaus Heide*, Verantwortlicher Redakteur (Telefon: 2870345) Ing. *Günther Barth*, Redakteur (Telefon 2870343)
Lizenz-Nr.	1100 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der Deutschen Demokratischen Republik
Gesamtherstellung	III/18/328 Messedruck Leipzig, BT Borsdorf 7122 Borsdorf
Gestalter	*Eckardt Natorp* (Telefon 2870287)
Anzeigenannahme	Für Bevölkerungsanzeigen alle Anzeigenannahmestellen in der DDR, für Wirtschaftsanzeigen der VEB Verlag Technik, 1020 Berlin, Oranienburger Str. 13/14, PSF 201 Anzeigenpreisliste Nr. 7 Auslandsanzeigen: Interwerbung GmbH, DDR-1157, Berlin, Hermann-Duncker-Str. 89
Erfüllungsort und Gerichtsstand	Berlin-Mitte. Der Verlag behält sich alle Rechte an den von ihm veröffentlichten Aufsätzen und Abbildungen, auch das der Übersetzung in fremde Sprachen, vor. Auszüge, Referate und Besprechungen sind nur mit voller Quellenangabe zulässig.
AN (EDV)	6730
Erscheinungsweise	monatlich 1 Heft
Heftpreis	2,50 M, Abonnementpreis vierteljährlich 7,50 M. Auslandspreise sind den Zeitschriftenkatalogen des Außenhandelsbetriebes BUCHEXPORT zu entnehmen.
Bezugsmöglichkeiten DDR	sämtliche Postämter
SVR Albanien	Direktorije Quendrore e Perhapjes dhe Propaganditit te Librit Rruga Konference e Pezes, Tirana
VR Bulgarien	Direkzia R. E. P., 11a, Rue Paris, Sofia
VR China	China National Publications Import and Export Corporation, West Europe Department, P. O. Box 88 Beijing
ČSSR	PNS – Ústřédni Expedicia a Dovoz Tisku Praha, Slezká 11, 12000 Praha 2 PNS, Ústredna Expedicia a Dovoz Tlače Praha, Posta 022, 88547 Bratislava
SFR Jugoslawien	Jugoslovenska Knijiga, Terazije 27, Beograd; Izdavačko Knijižarsko Produzéće MLADOST, Ilica 30, Zagreb
Koreanische DVR	CHULPANMUL Korea Publications Export & Import Corporation, Pyongyang
Republik Kuba	Empresa de Comercio, Exterior de Publicationes, O'Reilly No. 407, Ciudad Habana
VR Polen	C. K. P. i. W. Ruch, Towarowa 28, 00-958 Warszawa
SR Rumänien	D. E. P. Bucaresti Piata Scinteii, Bucaresti
UdSSR	Städtische Abteilungen von Sojuzpečat' oder Postämter und Postkontore
Ungarische VR	P. K. H. I., Külföldi Elöfizetési Osztály, P. O. Box 16, 1426 Budapest
SR Vietnam	XUNHASABA 32, Hai Ba Trung, Ha Noi
BRD und Berlin (West)	ESKABE Kommissions-Grossobuchhandlung, Postfach 36, 8222 Ruhpolding/Obb.; Helios Literatur-Vertriebs-GmbH, Eichborndamm 141 – 167, Berlin (West) 52; Kunst und Wissen Erich Bieber OHG, Postfach 46, 7000 Stuttgart 1; Gebrüder Petermann, BUCH + ZEITUNG INTERNATIONAL, Kurfürstenstraße 111, Berlin (West) 30
Österreich	Helios Literatur-Vertriebs-GmbH & Co. KG, Industriestraße B 13, 2345 Brunn am Gebirge
Schweiz	Verlagsauslieferung Wissenschaft der Freihofer AG, Weinbergstr. 109, 8033 Zürich
Alle anderen Länder	örtlicher Fachbuchhandel; BUCHEXPORT Volkseigener Außenhandelsbetrieb der Deutschen Demokratischen Republik, DDR-7010 Leipzig, Postfach 160; und Leipzig Book Service, DDR-7010 Leipzig, Talstraße 29

Auslieferung in diesen Tagen

Von Prof. Dr. sc. techn. Knut Richter, Dr. rer. nat. Peter Bachmann und Dr. rer. nat. Stephan Dempe. 1. Auflage. 188 Seiten, 40 Bilder, 12 Tafeln, Kunstleder, DDR 26,— M, Ausland 36,— DM. Bestellangaben: 5539026/Richter, Optimierung

Viele Problemstellungen der Technik, Technologie und der Ökonomie führen auf mathematische Modelle der diskreten Optimierung. Es sei hier nur auf Transportprobleme, auf günstige Ausnutzung von Fertigungsmaschinen u.ä. hingewiesen. Jedoch auch mit der modernen Rechentechnik können nicht alle in der Praxis auftretenden Probleme mit den bisher üblichen Lösungsverfahren mit vertretbarem Aufwand gelöst werden. Deshalb entwickelten die Autoren anwendungsreife effektive Algorithmen zur Lösung von Aufgaben der diskreten Optimierung, wie sie bei Reihenfolgenproblemen, komplizierten Zuordnungsproblemen u.ä. auftreten, für die der numerische Aufwand mit den bisherigen Verfahren zu hoch ist. Auch für diskrete Optimierungsaufgaben, die mit nur gering veränderten Parametern tausendfach zu lösen sind, wurden effektive Algorithmen entwickelt, deren Aufwand sich gut abschätzen läßt.
In diesem Buch werden speziell effektive Algorithmen für so wichtige Belange wie die optimale Aufteilung der Jahresproduktion auf Monate, die optimale „Echtzeit"-Steuerung integrierter Fertigungsabschnitte und den optimalen Einsatz von Robotern angegeben.

VEM-Handbuch Relaisschutztechnik

Von Obering. Wolfgang Doemeland. Herausgeber: Zentrum für Forschung und Technologie des VEB Elektroprojekt und Anlagenbau Berlin. 4., bearbeitete Auflage. Etwa 368 Seiten, 284 Bilder, 78 Tafeln, Kunstleder, DDR etwa 27,50 M, Ausland etwa 38,— DM. Bestellangaben: 5538939/Doemeland, Relaisschutz

Behandelt werden Einrichtungen zur Meßgrößenerfassung (Wandler) und -verarbeitung (Schutzrelais) sowie zur Kommandoweiterleitung (Steuer- und Meldestromkreise). Zusammen mit dem Betriebsverhalten von Motoren, Transformatoren, Leitungen und Generatoren werden die Einstellung, Prüfung, Inbetriebsetzung und Wartung von Relaisschutzeinrichtungen beschrieben. Hinweise für den Arbeitsschutz, die technische Sicherheit und Protokollführung werden gegeben.
Die Bearbeitung berücksichtigt u.a. neue Vorschriften, veränderte Bewertungskriterien beim Einsatz von Stromwandlern, den Schutz von Netzen mit niederohmiger und kurzzeitig niederohmiger Sternpunkterdung sowie Aspekte beim Einsatz von Schutzrelais mit elektronischer Schaltungstechnik.

Grundlagen der Konstruktion

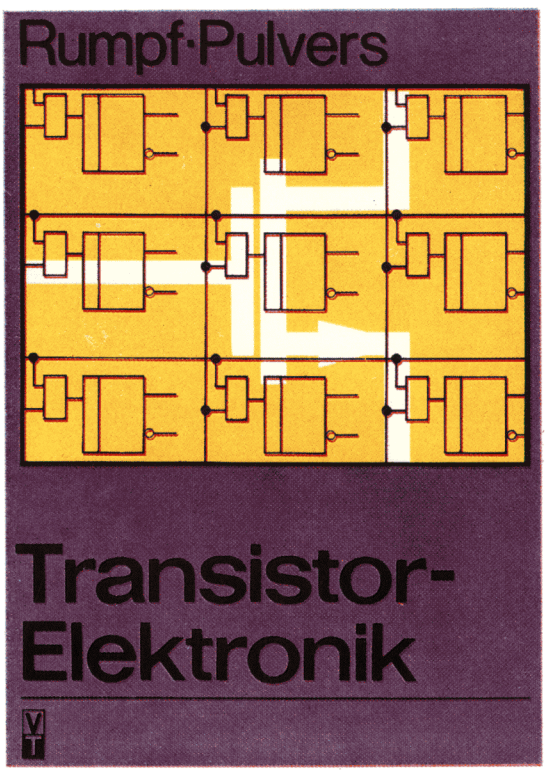
Elektronik · Elektrotechnik · Gerätetechnik
Lehrbuch für Elektroingenieure

Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Krause. 5., unveränderte Auflage. 280 Seiten, 339 Bilder, 63 Tafeln, Leinen, DDR 20,— M, Ausland 28,— DM. Bestellangaben: 5537418/Krause, Konstruktion

Im Fachbuchhandel erhältlich

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

Bereits lieferbar in 11., unveränderter Auflage:



Anwendung von Halbleiterbauelementen und integrierten Schaltungen

Von Ing. Karl-Heinz Rumpf und Ing. Manfred Pulvers. 296 Seiten, 334 Bilder, 43 Tafeln, Leinen, DDR 24,— M, Ausland 35,— DM. Bestellangaben: 5536204/Rumpf, Transistor

ISSN 0013—5399
ELEKTRIE · Berlin 43 (1989) 1 · S. 1—40

8012 7001 0150 PF 1

NARVA Hochdruckentladungslampen

NARVA